

# ESTAMOS PREOCUPADOS COM O DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS NO BRASIL?

*ARE WE CONCERNED WITH THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF HISTORICAL BUILDINGS IN BRAZIL?*

 Beatriz Se Keng Moon <sup>1</sup>

 Claudia Baima Mesquita <sup>2</sup>

 Sabrina Andrade Barbosa <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil,  
moon.beatriz@graduacao.uerj.br

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil,  
cbaima@esdi.uerj.br

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil,  
sabrana.barbosa@uerj.br

## Resumo

Garantir o desempenho ambiental de edifícios históricos é importante para sua preservação e manutenção da identidade cultural de uma região. Nas últimas décadas, embora o interesse pelo tema tenha aumentado no Brasil, essas pesquisas são pontuais e não há ainda um estudo que apresente uma visão panorâmica de casos nacionais. Assim, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de estudos sobre o desempenho térmico de edificações históricas brasileiras. A partir da busca em bases nacionais e internacionais foram encontrados 32 estudos, inicialmente contextualizados considerando localização e ano de publicação, além de objetivos e abordagens metodológicas. Seus resultados são discutidos a partir de três categorias de análise: período de construção e técnicas construtivas, uso, condições climáticas e de ventilação. Entre os principais achados, destaca-se que casos dos séculos XVIII e XIX, analisados em seu estado original, têm melhor desempenho que edifícios do século XX. Além disso, entre os estudos que incorporaram alternativas arquitetônicas, os primeiros testaram aspectos mais conservadores. Em relação ao uso, percebeu-se que edifícios administrativos são maioria, apresentando, em geral, bom desempenho; diferentemente de educacionais, que têm avaliações, em geral, negativas. Além disso, a maioria dos casos está nas zonas frias do país. Os casos situados em locais quentes tiveram desempenho relativamente bom. Esta pesquisa indica que o Brasil ainda carece de diretrizes sobre abordagens de conservação que alinhem princípios de desempenho ambiental com valores arquitetônicos e culturais.

Palavras-chave: edifício histórico, desempenho térmico, revisão sistemática da literatura.

## Contribuição dos autores:

**BSKM:** curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original. **CBM:** validação, escrita - revisão e edição. **SAB:** conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - revisão e edição.

**Fomento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

**Declaração de conflito:** nada foi declarado.

Editora Responsável:

Letícia de Oliveira Neves 

## Abstract

*Ensuring the environmental performance of historic buildings is important for preserving and maintaining a region's cultural identity. In recent decades, although the interest in the subject has increased in Brazil, research studies are punctual. There is still no study that presents a panoramic view of national cases. Thus, this paper aims to conduct a systematic review of studies on the thermal performance of Brazilian historic buildings. From the search in national and international databases, 32 studies were identified and were initially contextualized considering location and year of publication and objectives and methodological approaches. Its results are discussed from three categories of analysis: construction period and techniques, use and climatic conditions and type of ventilation. Among the main findings, it stands out that cases from the 18th and 19th centuries analyzed in their original state have better performance than the buildings of the 20th century. Furthermore, the first period tested more conservative aspects of the studies that incorporated architectural alternatives. Concerning its use, it was observed that the administrative buildings are the majority, presenting a generally good performance, unlike the educational facilities, which have, in general, negative evaluations. In addition, most of the cases are in the cold parts of the country. Those in warm places have relatively good performance. This research indicates that the country still lacks guidelines about conservation approaches that align principles of environmental performance with architectural and cultural values.*

Keywords: historic building, thermal performance, systematic literature review.

How to cite this article:

MOON, B. S. K.; MESQUITA, C. B.; BARBOSA, S. A. Estamos preocupados com o desempenho ambiental de edifícios históricos no Brasil? **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. e022018, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8665237>

Submitted 07.04.2021– Approved 22.03.2022– Published 31.05.2022

e022018-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. e022018, 2022, ISSN 1980-6809



## Introdução

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU), órgão reconhecido na promoção do desenvolvimento sustentável, criou os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável a serem cumpridos até 2030. Dentre as metas da Agenda 2030, ficou recomendado que as nações consolidem esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo (UN, 2015). No Brasil há 1192 edificações tombadas pelo Iphan entre os anos de 1938-2019 (IPHAN, 2019), além de 22 patrimônios mundiais inscritos na Unesco (UNESCO, 2019). Contudo, apesar dos vários programas de incentivo à preservação do patrimônio nacional, as estratégias pelos governos foram muitas vezes conflitantes, enfraquecendo políticas de preservação da memória no país (FRIDMAN; ARAÚJO; DAIBERT, 2019). Assim, ressalta-se a importância de intervir no patrimônio arquitetônico de forma sustentável, de forma a proteger suas características originais considerando seus aspectos culturais construtivos e que, nas suas combinações, criam identidades e memórias (MATEUS, 2013).

Nesse sentido, os edifícios históricos podem receber um conjunto de “ações de intervenção necessárias e suficientes para os dotar de condições de segurança, funcionalidade e conforto, respeitando a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo”, o que é definido por Freitas *et al.* (2012, p. 24) como reabilitação. Apesar da existência de divergência sobre o uso dos termos, diferentes tipos de intervenções podem ser considerados. Dentre elas, o *retrofit* tem o intuito de promover uma atualização tecnológica de edifícios antigos, seja por meio da utilização de materiais mais novos ou pela incorporação de novas técnicas, com a finalidade de prolongar a vida útil, o conforto e a funcionalidade de edifícios (BARRIENTOS, 2004). Já a requalificação pretende preservar o patrimônio histórico se pautando na ideia de intervir na cidade existente, realizando mudanças de usos e população (MOTISUKE, 2008).

Além da importância para a manutenção da identidade cultural de uma região, reabilitar um edifício é também uma oportunidade de reduzir o consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub> necessárias para sua operação (MUNARIM; GHISI, 2016). Segundo o Balanço Energético Nacional, de 2010 para 2019 o consumo de energia elétrica no país aumentou em aproximadamente 18% (EPE, 2020). O Brasil, embora tenha apresentado nas últimas décadas regulamentos para a eficiência energética de edificações novas como: a Lei nº 10.295/2001 (BRASIL, 2001), o Decreto nº 9.864/2001, os Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ – C) em 2009 e o Requisitos Técnicos de Qualidade para edificações residenciais (RTQ – R) em 2010, não possui ainda normativas direcionadas às edificações históricas. A partir de uma recente revisão de literatura sobre medidas de eficiência energética para edifícios históricos em todo o mundo, Lidelöw *et al.* (2019) identificaram que, na prática, medidas de *retrofit* de edifícios históricos devem ser selecionadas, caso a caso, para respeitar suas qualidades arquitetônicas e culturais específicas. Os autores indicam que é ainda necessário o desenvolvimento de diretrizes de melhores práticas para orientar os profissionais sobre como diferentes paradigmas de conservação podem ser aplicados na prática, e como eles podem afetar o potencial de integração de medidas de eficiência energética em edifícios históricos.

Diferentemente da Europa, que concentra a maior parte de pesquisas sobre o conforto ambiental e eficiência energética em construções históricas (MARTÍNEZ-MOLINA *et al.*, 2016), no Brasil esses estudos ainda são pontuais. Além disso, não há ainda um estudo que apresente uma visão panorâmica de pesquisas nacionais. Muitas das pesquisas que tratam de soluções para melhorar o conforto térmico em edificações históricas são realizadas em climas europeus, que frequentemente utilizam meios artificiais para

condicionamento do ar, especialmente aquecimento (HASHEMPOUR; TAHERKHANI; MAHDIKHANI, 2020) e ainda são poucos os estudos com edificações naturalmente ventiladas. Em função disso, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura de estudos que tratam do desempenho térmico em edificações históricas brasileiras.

## **Metodologia**

Para este estudo foram considerados trabalhos que tiveram como foco a análise e/ou a otimização do desempenho térmico e da eficiência energética de edificações históricas brasileiras. Os artigos foram recuperados a partir dos seguintes mecanismos de busca e bases de dados: Google acadêmico, Web of Science, Scopus e Periódicos Capes. Os termos de busca incluídos em português e em inglês foram: Brasil, Conforto Térmico, Edifício Antigo, Edifício Histórico e Patrimônio. Os artigos resultantes foram lidos de forma independente, na íntegra, por dois pesquisadores e os conflitos que surgiram durante o processo de categorização e análise foram resolvidos por discussão. Foram eliminados estudos que trataram de edificações históricas em outros países, com menos de 35 anos de idade e que não faziam parte do escopo deste estudo, como: análises urbanas, abordagem no ensino do conforto, aspectos sobre legislações ou descrições históricas, além de estudos repetidos. Os dados dos trabalhos foram sistematizados em planilhas do Excel (Microsoft, Redmond, USA). Assim, esse levantamento inclui 21 artigos científicos, sendo 16 deles originados de congressos nacionais e internacionais e 5 publicados em periódicos. Além disso, foram pesquisados estudos na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), considerando os mesmos critérios de inclusão mencionados, o que resultou na análise de 11 trabalhos. Dentre as pesquisas analisadas, foram identificadas três dissertações (BRAGA, 2005; BARROS GONÇALVES; CRUZ SOUZA, 2013; KNOP, 2012) que foram publicadas como artigo. Considerando os 32 estudos analisados, observou-se que alguns deles investigam mais de uma edificação, resultando em uma pesquisa que contempla, no total, 62 casos. O apêndice A apresenta as técnicas construtivas e o apêndice B, as abordagens metodológicas e os principais resultados dos casos analisados. É importante ressaltar que há ainda uma carência de estudos sobre o desempenho térmico de edificações históricas brasileiras publicadas em periódicos, principalmente internacionais.

## **Resultados e discussões**

Esta seção apresenta de forma sistemática os casos levantados. Na primeira parte os estudos primários são caracterizados de forma geral, considerando a localização e o ano de publicação, além dos objetivos e das abordagens metodológicas aplicadas. Em seguida, os resultados dos casos são criticamente analisados e apresentados a partir de três categorias de análise: (i) período de construção e técnicas construtivas, (ii) uso do edifício e (iii) condições climáticas locais e tipo de ventilação.

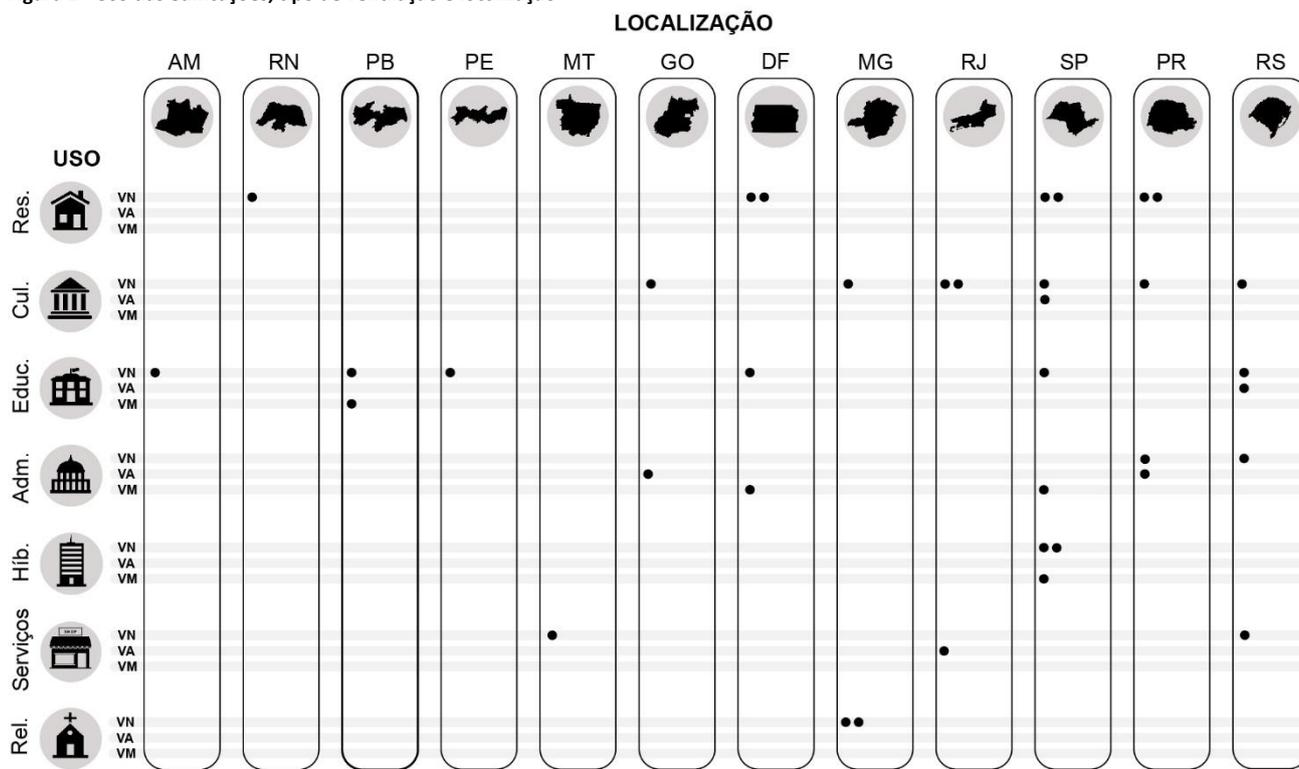
### **Caracterização dos estudos**

#### **Localização e ano de publicação dos estudos analisados**

A Figura 1 apresenta a localização dos edifícios estudados, além de seu uso e sistema de ventilação (natural, artificial ou mista), aspecto que será tratado no item 'Condições climáticas e tipo de ventilação'. A partir dos trabalhos analisados, foi possível notar que, dos 62 casos estudados, 23 estão concentrados na região Sudeste, 20 no Sul, 7 no Centro Oeste, 8 no Nordeste e 4 na região Norte. Isso indica que mais estudos são ainda necessários nas regiões Nordeste e Norte do país. É possível que a escassez de estudos nessas regiões seja devido à limitação de recursos destinados à preservação dos

edifícios históricos desses locais. Além disso, outras cidades de expressiva arquitetura histórica, como Ouro Preto (MG), podem ser vistas como potenciais casos para estudos nessa área de conhecimento.

Figura 1 - Uso das edificações, tipo de ventilação e localização

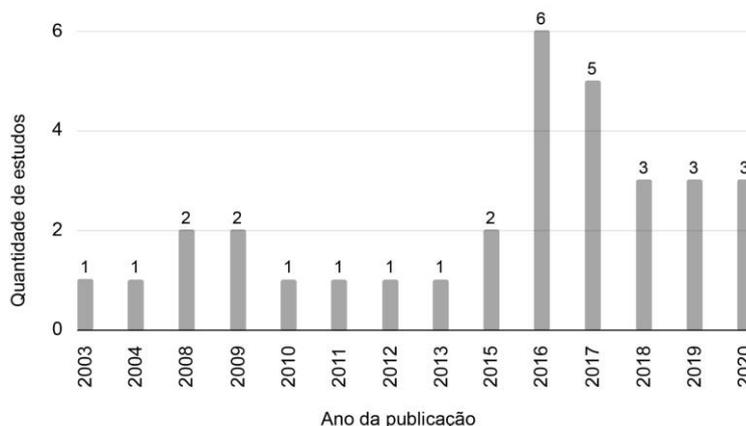


VN: Ventilação natural  
 VA: Ventilação artificial  
 VM: Ventilação mista

Fonte: as autoras.

Na Figura 2 é possível visualizar que o número de pesquisas sobre o desempenho térmico em construções históricas no país tem aumentado ao longo dos anos, principalmente a partir de 2016. Isso pode ser explicado pela definição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU em 2015 (UN, 2015), o que desperta o interesse em pesquisas que visam a preservação do patrimônio.

Figura 2 - Número de artigos e dissertações publicadas por ano

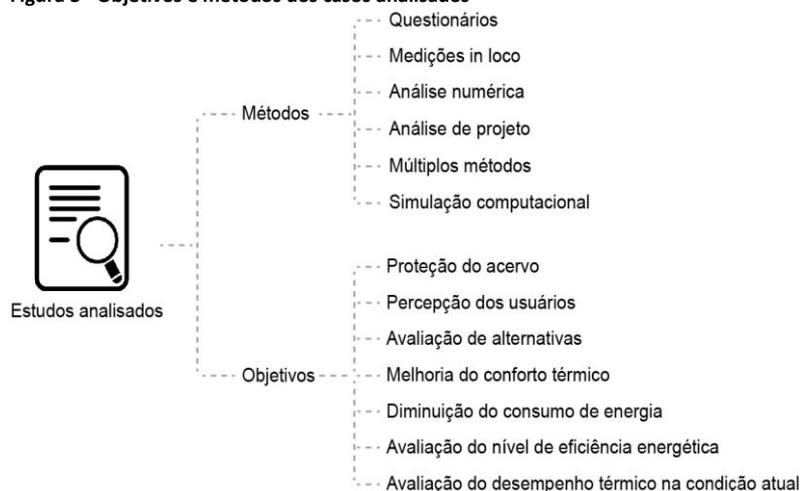


Fonte: as autoras.

### Objetivos e abordagens metodológicas

Embora esse levantamento tenha considerado apenas trabalhos que tratam do desempenho ambiental de edificações históricas, percebe-se que os temas e a forma de abordagem dos trabalhos foram diversos. A Figura 3 apresenta, de forma geral, os objetivos e os métodos usados nos casos analisados.

Figura 3 - Objetivos e métodos dos casos analisados



Fonte: as autoras.

Alguns estudos analisaram os edifícios em seu estado e uso atual, de forma a fazer um diagnóstico de suas condições ambientais (BARROSO; MULFARTH, 2017; CAROTENUTO, 2009; RIBEIRO; LOMARDO, 2016). Dentre eles, o estudo de Pimentel (2018) se destaca por fazer uma análise qualitativa de dez edifícios, considerando sua forma original e identificando se dispositivos que contribuem para o desempenho térmico foram incorporados pelo arquiteto de forma integrada à composição formal do objeto arquitetônico. Além disso, alguns trabalhos avaliaram o edifício em seu estado original, mas tiveram como foco a conservação das peças do acervo (BORGES, 2017; BARROS GONÇALVES; CRUZ SOUZA, 2013; MAEKAWA *et al.*, 2009; RIBEIRO; LOMARDO, 2016). Por outro lado, alguns estudos analisaram o nível de eficiência energética pelo RTQ-C<sup>1</sup> (ESTEVES; LOMARDO, 2011; FELÍCIO; GRIGOLETTI; GABRIEL, 2018; KNOP; CUNHA, 2012; MORO; CORREA; KRUGER, 2020) e pela certificação EnerPHit<sup>2</sup> (CARVALHO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2017). Outros trabalhos tiveram ainda como objetivo avaliar o impacto do entorno e do processo de urbanização no desempenho do edifício estudado (BORGES, 2017; CAVALERI; GONÇALVES, 2015; PASTORE *et al.*, 2016; UZUM; GONÇALVES, 2020). Outra forma de análise considerou a percepção dos usuários quanto às condições térmicas dos ambientes (BEZERRA, 2003; GONÇALVES *et al.*, 2018; SOUSA, 2008). Vale destacar ainda que alguns casos não só avaliaram os aspectos térmicos e energéticos, mas também fizeram análises lumínicas e acústicas, como Souza (2008) e Moro, Correa e Kruger (2020) e de segurança e acessibilidade (SÁNCHEZ, 2020), por exemplo. Assim, é importante perceber que há uma heterogeneidade nos critérios de avaliação, o que pode ser explicado pela falta de um parâmetro normatizado nacional para edificações históricas.

Alguns trabalhos compararam o edifício analisado antes e após um conjunto de intervenções propostas. Entre as soluções arquitetônicas avaliadas estão a comparação entre modelos de proteção solar (MORO; CORREA; KRUGER, 2020; WERNECK *et al.*, 2017) e entre tipos de vidros nos fechamentos (FELÍCIO; GRIGOLETTI; GABRIEL, 2018; JAPIASSÚ, 2019). Alterações nos materiais do envelope da edificação foram também objetos de estudo a partir da inserção de lã de rocha e lã de vidro na parte interna de

coberturas e paredes e alteração de suas cores (CARVALHO *et al.*, 2019; ESTEVES; LOMARDO, 2011). Alguns casos tiveram como foco a avaliação de alternativas ativas como a revisão de circuitos elétricos, dos sistemas de iluminação e motores (FUMAGALLI *et al.*, 2016), a substituição de lâmpadas, e a instalação de aparelhos desumidificadores de ar, dentre outros (BORGES, 2017). O trabalho de Fernandes e Labaki (2016), de caráter menos conservador, considerou a implantação de uma chaminé solar na fachada do edifício histórico. Além disso, a partir de uma previsão para o futuro, Pinho (2016) considerou substituição do material translúcido do domo da cobertura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo como alternativa para a redução da carga térmica do edifício no cenário climático atual e em 2045. Foi possível observar ainda que algumas propostas de intervenções foram realizadas atendendo aos conceitos de *retrofit*, de forma a testar a inserção de mecanismos de modernização, com o intuito de garantir melhor desempenho ambiental, como os trabalhos de Japiassu (2019); Felício, Grigoletti e Gabriel (2018). Já os casos de Knop e Cunha (2012) e Pastore *et al.* (2016), por exemplo, analisaram a edificação considerando novo uso, tratando de requalificação.

A partir das análises dos estudos, um dos métodos mais comumente usados foram as medições *in loco*, como nos trabalhos de Braga e Amorim (2004) e Felício, Grigoletti e Gabriel (2018). A simulação computacional também foi uma das ferramentas mais usadas, como nos estudos de Uzum e Gonçalves (2020), em quitinetes em São Paulo e de Carotenuto (2009), que avaliou o desempenho termo energético de um edifício educacional de elevada inércia térmica. Para a simulação computacional, os programas utilizados foram EnergyPlus, Sketchup, Luz e Sol, Design Builder, TAS, CFX (Dinâmica computacional de fluidos) e Ecotect. Alguns casos multimétodos foram considerados para a avaliação, como por exemplo Barroso e Mulfarth (2017) que usaram medições *in loco* e aplicação de questionários. No quadro apresentado no Apêndice B é possível observar os métodos, objetivos, alternativas propostas e os principais resultados dos casos analisados.

### *Categorias de análise*

Cada item seguinte apresenta uma análise dos estudos primários, indicando tendências e lacunas no conhecimento, além de uma avaliação de como os resultados e as conclusões dos casos avaliados se refletem em cada categoria. É importante destacar que, como os parâmetros de análise dos estudos são diversos, esse item apresenta uma análise crítica a partir de seus resultados. Assim, as discussões descrevem e interpretam o conteúdo analisado, apresentando novos *insights* para esse campo do conhecimento. A Figura 4 apresenta as categorias definidas para a análise dos principais resultados dos trabalhos.

### *Período de construção e técnicas construtivas*

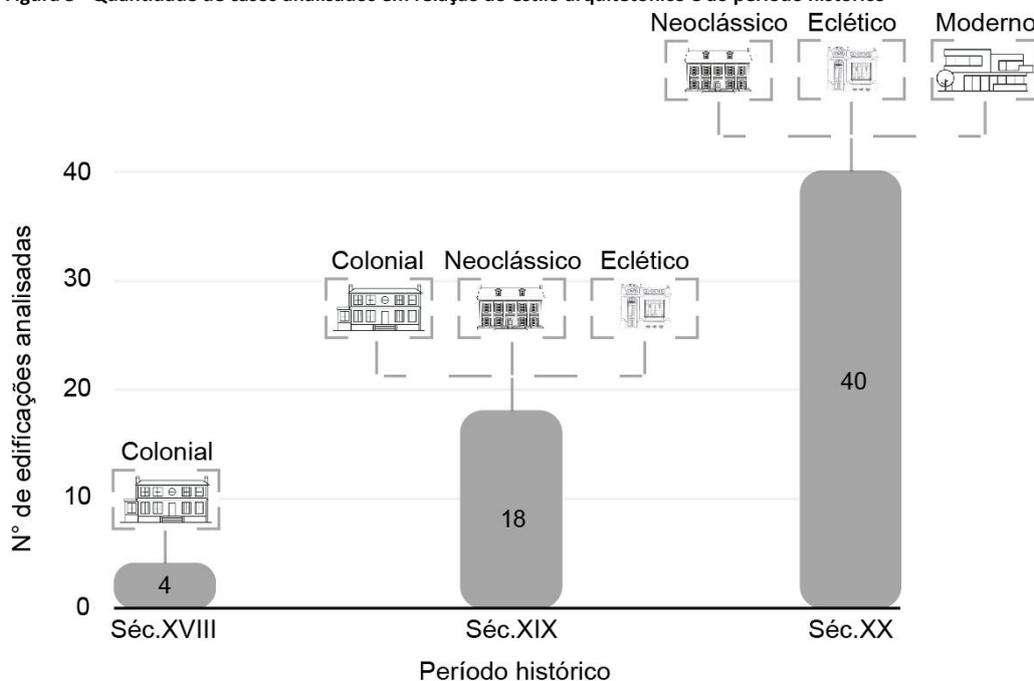
No Brasil, devido ao seu relativo curto período de existência, comparado a outras nações, as construções analisadas datam a partir da segunda metade do século XVIII. A Figura 5 apresenta o número de edificações analisadas por período, identificando os estilos arquitetônicos. É possível perceber que o número de casos avaliados aumenta gradativamente nos períodos mais recentes, o que pode estar relacionado a uma maior facilidade de acesso a informações e ao interesse sobre esses edifícios. Assim, percebe-se que ainda são necessários mais estudos que considerem as condições térmicas de edificações dos séculos XVII e XVIII, uma vez que muitos desses exemplares ainda hoje são utilizados em nosso país como museus e igrejas, por exemplo.

Figura 4 – Categorias usadas para análise dos resultados



Fonte: as autoras.

Figura 5 - Quantidade de casos analisados em relação ao estilo arquitetônico e ao período histórico



Fonte: as autoras.

Nos três períodos considerados pelos estudos primários, percebe-se que, na maioria dos casos, os trabalhos tiveram como foco a avaliação do desempenho para o conforto humano. Contudo, em alguns casos, os estudos visaram identificar se as condições

ambientais eram favoráveis à conservação do acervo. É interessante notar que esse aspecto só foi avaliado em edificações construídas até 1849, com estilos colonial (GONÇALVES, 2016), neoclássico (BORGES, 2017; MAEKAWA *et al.*, 2009; RIBEIRO; LOMARDO, 2016) e rococó (BARROS GONÇALVES; CRUZ SOUZA, 2013). Em todos os casos observou-se que a umidade relativa estava inadequada à preservação dos artefatos, o que pode indicar que os limites ambientais seguros para a conservação dos bens culturais são mais restritivos que os limites de conforto humano, conforme observado por Gonçalves (2016). Assim, é ainda importante que a avaliação das condições internas para a preservação de acervo seja realizada em edifícios mais novos e de outros estilos, como o moderno.

Todas as edificações analisadas do século XVIII propuseram soluções arquitetônicas para a melhoria do desempenho dos edifícios. Percebe-se que as alternativas propostas não alteram expressivamente a estética do edifício, como troca de tipos de vidro, inserção de material isolante térmico na cobertura (JAPIASSÚ, 2019), troca de esquadrias, divisão de circuitos de iluminação (FELÍCIO; GRIGOLETTI; GABRIEL, 2018) e implementação de sistema de desumidificação de ar (BARROS GONÇALVES; CRUZ SOUZA, 2013). Em três dos casos analisados, percebe-se que o percentual de horas de conforto, após as modificações sugeridas, é relativamente alto, atingindo em média aproximadamente 84%.

Diferentemente, nos casos do século XIX, a maioria dos trabalhos (n=13) analisa o edifício em seu estado atual, não propondo alterações. Embora haja uma heterogeneidade nos critérios de avaliação, percebe-se que alguns dos casos deste século, que avaliaram condições de conforto humano nas edificações, encontraram valores medianos. Como exemplo, o estudo de Knop e Cunha (2012) resultou em 48,7% de horas com limites aceitáveis de conforto, enquanto o trabalho de Bezerra (2003) identificou que 37 a 65% dos usuários avaliaram os edifícios como confortável ou muito confortável. O estudo de Carvalho *et al.* (2019), que propôs alterações no edifício pela instalação de um sistema de ventilação mecânica de recuperação de calor e pintura preta, observou que, no estado original, o caso apresentou 44% das horas em conforto, embora após as modificações, esse valor atingiu cerca de 90%. Uma outra forma de avaliação foi proposta por Borges (2015), que classificou casas de fazenda de acordo com a presença de estratégias bioclimáticas. Em geral, a maioria dos casos teve uma boa avaliação e o autor identificou que, em alguns dos bons exemplos, a temperatura interna não ultrapassou em 2°C a externa.

As condições térmicas relativamente positivas dos estudos dos séculos XVIII e XIX em locais de clima quentes, como Goiás (JAPIASSÚ, 2019) e Rio Grande do Norte (BORGES, 2015), podem ser explicadas pelo uso de técnicas construtivas vernaculares, como telhas cerâmicas e paredes de alta inércia térmica, altura dos vãos e aberturas adequadas para ventilação. Mesmo em clima mais ameno e frio, como em Pelotas, é interessante destacar o edifício estudado por Carvalho *et al.* (2019), que possui paredes externas do primeiro pavimento feita de duas camadas de tijolos maciços de 22,5 cm e câmara de ar interna de 5 cm. No modelo em que somente a inserção de lã de rocha na parte interna da cobertura e nas paredes foi considerada, aumentando o isolamento térmico da envoltória, os resultados da simulação computacional não apresentaram alterações substanciais no desempenho térmico em comparação com o edifício original.

Por outro lado, nas análises que consideraram os edifícios mais recentes, do século XX, houve um balanço entre estudos que avaliaram somente o edifício original (n=8) e os que propuseram soluções alternativas (n=10) com vistas à melhoria das condições térmicas para humanos. Considerando os estudos que avaliaram os casos em suas condições originais, percebe-se que parte dos edifícios analisados foi avaliada pelos

usuários com desempenho insatisfatório em alguns momentos do ano. É o caso do estudo de Sousa (2008), que teve uma pontuação dada pelos usuários, em geral, negativa no período de verão, atingindo cerca de 62% de insatisfação sobre a ventilação natural e de Cardoso *et al.* (2017), que identificou que 62% e 90% dos usuários perceberam os ambientes muito quentes, pela manhã e tarde no período de verão, respectivamente. Adicionalmente, Barroso e Mulfarth (2017) indicaram que modificações em busca de maior funcionalidade prejudicaram a adequação de variáveis ambientais no edifício estudado, gerando uma dependência de estratégias ativas de condicionamento térmico.

Esses resultados podem estar relacionados ao tipo construtivo, que geralmente apresenta vedações com alta transmitância térmica. Além disso, a maioria das construções pertencentes à arquitetura moderna apresenta fechamentos em vidro comum. Assim, a tentativa de promover melhores condições térmicas nos casos desse período pode estar relacionada ao desconforto provocado por uma arquitetura que se norteou por exemplares de outras latitudes e climas. Além disso, é possível que as soluções arquitetônicas implementadas tenham um apelo mais estético, como afirma Werneck *et al.* (2017) em relação aos dispositivos de sombreamento do Instituto Chico Mendes.

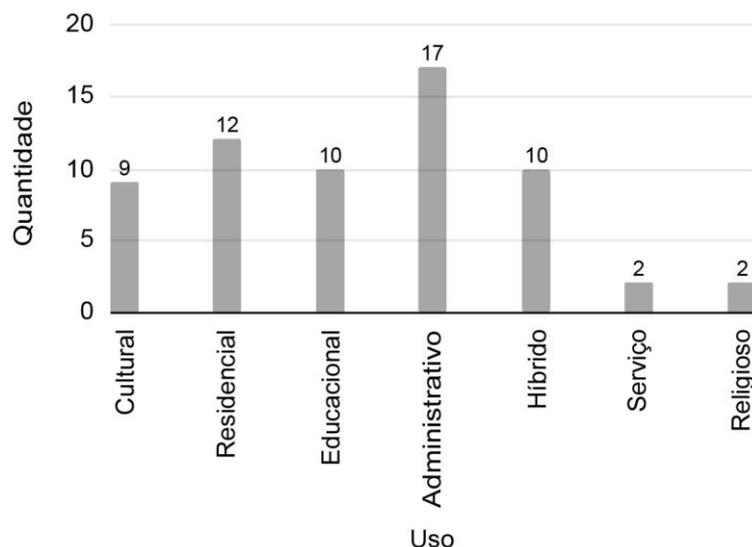
É importante destacar ainda que, diferentemente dos casos dos séculos anteriores, alguns dos trabalhos com edifícios do século XX que avaliaram diferentes alternativas arquitetônicas, propuseram soluções menos conservadoras, que alteram a estética das fachadas, como a implementação de dispositivos de sombreamento (ESTEVES; LOMARDO, 2011; WERNECK *et al.*, 2017), a troca de vidros por opções reflexivas (BRAGA; AMORIM, 2004) a adição de peitoril (JAPIASSÚ, 2019), e a inserção de uma chaminé térmica na fachada (FERNANDES; LABAKI, 2016), por exemplo. É também importante destacar que esses casos resultaram, em geral, em melhorias em suas condições térmicas; como por exemplo o estudo de Japiassú (2019), em que o percentual de horas ocupadas em conforto atingiu até 74% após modificações propostas para o Palácio da Justiça e o trabalho de Moro *et al.* (2020) que passou de E na classificação geral do RTQ-C<sup>1</sup> para A.

Vale destacar que dois estudos tiveram como objetivo avaliar a influência do entorno em edifícios do século XX, em São Paulo, e identificaram que as condições térmicas dentro do edifício não são significativamente afetadas pela configuração urbana (PASTORE *et al.*, 2016) e que as condições térmicas aceitáveis atingem cerca de 70% do ano (CAVALERI; GONÇALVES, 2015). Assim, é interessante que esse tipo de análise seja também realizado para edificações mais antigas para que, de forma comparativa, se possa entender se casos com outros estilos e aspectos construtivos sofrem mais ou menos influência da malha urbana compacta.

### *Uso dos edifícios*

O principal uso dos casos analisados é, em primeiro lugar, o administrativo, com 17 edifícios (Figura 6). Isso ocorre possivelmente por esse uso receber mais investimentos comparados aos demais, o que estimula pesquisas que podem servir como diretrizes para reformas, por exemplo. Já o uso religioso foi identificado em apenas dois casos analisados e tiveram como foco a conservação do acervo. Embora o país apresente um acervo de edifícios religiosos considerável, esse baixo número de estudos pode ser explicado pela curta permanência dos usuários no espaço, não indicando prioridade para o tratamento térmico.

Figura 6 - Quantidade de casos analisados em relação ao uso



Fonte: as autoras.

Em geral, percebe-se que grande parte das construções de uso administrativo analisadas apresentou resultados relativamente bons. Entre os casos que analisaram os edifícios em sua forma original, observou-se que as avaliações foram medianas, como por exemplo os casos do Centro Cultural Banco do Brasil (BEZERRA, 2003) em que 50% dos usuários entrevistados o avaliaram como confortável, e a Antiga residência do Charqueador José Vieira Vianna (Atual Secretaria de Cultura) (KNOP; CUNHA, 2012), em que foram encontradas 48,7% de horas com limites aceitáveis de conforto.

Diferentemente, entre os casos que avaliaram edifícios com uso cultural com análises dos casos originais, boa parte teve como foco a conservação de peças do acervo. Nesses casos, os resultados apontaram para uma avaliação negativa do desempenho térmico dos edifícios (BORGES, 2017; RIBEIRO; LOMARDO, 2016), o que pode estar relacionado com o clima local, uma vez que todos se concentram na zona bioclimática 8, que se caracteriza por possuir altas temperaturas e umidade relativa. Assim, é interessante que mais trabalhos considerem avaliar o estado original de edificações históricas de uso cultural com foco no conforto humano.

Diferentemente, os estudos primários de uso educacional resultaram em avaliações, em geral, negativas. Dos casos que estudaram os edifícios originais, o de Cardoso *et al.* (2017) por exemplo, indicou que a Escola Estadual Cecy Leite Costa possui a maioria dos usuários insatisfeitos com os níveis de conforto, chegando a 90% no período da tarde. Da mesma forma, os usuários das Escolas Sesquicentenário e Médici (TAVEIRA, 2008) também fizeram avaliações negativas sobre o conforto ambiental. É importante destacar que embora o estudo de Carotenudo (2009) tenha resultado em parâmetros de conforto térmico dentro dos limites definidos, o edifício possui condicionamento de ar. Mesmo o trabalho de Fernandes e Labaki (2016), que avaliou o desempenho de um ambiente da Universidade Estadual de Campinas, a partir da instalação de uma chaminé solar, indicou que as horas de desconforto chegariam a 75%. Esses resultados podem estar relacionados aos relativos altos ganhos de calor nos ambientes devido à alta densidade de ocupação. É ainda importante notar que, em sua maioria, os casos estudados de uso educacional consistem em edifícios de ensino superior, o que demonstra que há ainda uma falta de trabalhos que considerem escolas de ensino básico.

Em relação aos casos de uso residencial, é importante destacar que os resultados de alguns casos foram determinados pela orientação solar dos ambientes internos, indicando a forte influência desse fator no conforto ambiental de moradias (UZUM; GONÇALVES, 2020). Vale destacar o estudo de Borges (2015), que classificou casas de fazenda coloniais segundo a presença de estratégias bioclimáticas, entre elas a orientação solar, e indicou resultados positivos para a maioria delas.

Finalmente, é importante frisar que a maioria dos casos que testaram soluções alternativas para os edifícios históricos analisados teve resultados positivos em relação ao desempenho térmico. Percebeu-se ainda que, apesar de diferentes estratégias terem sido testadas nos casos estudados, nos usos educacional e residencial alguns casos privilegiaram o potencial de ventilação natural (GONÇALVES *et al.*, 2018; PINHO, 2016).

### *Condições climáticas e tipo de ventilação*

Considerando o número absoluto de casos estudados, percebe-se que a maioria deles se encontra na zona bioclimática (ZB) 3 (n= 15). E ainda, a maioria dos casos está nas zonas mais frias de nosso país (ZB 1, 2 e 3), indicando que é interessante que futuros estudos se concentrem nos climas mais amenos e quentes do país. Percebe-se que alguns dos casos estudados que avaliaram o edifício em sua forma original em cidades mais frias apresentam boas condições térmicas, como apresentado por Pimentel (2018), que indicou que em 69% do tempo o edifício analisado apresenta condições de conforto aceitáveis. Contudo, alguns casos indicaram consideráveis porcentagens de horas em desconforto por frio, como Carvalho *et al.* (2019) e Cavalieri e Gonçalves (2015) que identificaram 50 e 25% das horas em desconforto por frio nos edifícios estudados, respectivamente. Contudo, casos pontuais destacaram desconforto por calor no período de verão, como Knop e Cunha (2012) e Uzum e Gonçalves (2020). Isso demonstra que as edificações históricas estudadas nas zonas mais frias do país apresentam uma heterogeneidade no desempenho térmico. É importante destacar ainda que algumas das estratégias testadas, que resultaram em benefícios ao desempenho do edifício, consideraram a colocação de dispositivos de sombreamento (GONÇALVES *et al.*, 2018) e a inserção de materiais isolantes no envelope do edifício (FELÍCIO; GRIGOLETTI; GABRIEL, 2018).

Considerando a ZB4, que possui um clima relativamente ameno, muitas das modificações sugeridas envolvem diferentes soluções que visam a proteção solar, como os casos de Werneck *et al.* (2017) e Japiassú (2019), que conseguiram reduzir em 48% o consumo de energia e manter um percentual de horas de conforto em 75%, respectivamente. É interessante notar que, apesar das ZB7 e 8 terem condições climáticas mais extremas, principalmente no verão, alguns casos tiveram boas avaliações (BORGES, 2015), o que pode ser explicado pela presença de soluções arquitetônicas adequadas ao clima.

A maioria dos casos estudados considerou edificações naturalmente ventiladas (77%). Contudo, foram também consideradas construções que fazem uso da ventilação artificial (13%) e mista (10%). Na Figura 1 é possível observar a relação entre o tipo de ventilação, o uso das construções e a localização delas no país. Percebe-se que mesmo em climas extremos, os trabalhos consideraram a contribuição da ventilação natural para o conforto térmico. Nos casos em que o uso do condicionamento artificial foi usado, a maioria dos estudos (86%) considera alternativas para diminuir o consumo de energia devido ao sistema de condicionamento de ar. Contudo, para as edificações históricas em que as alternativas testadas ainda não foram suficientes para se atingir níveis adequados de conforto térmico e eficiência energética, foram considerados

mecanismos híbridos de ventilação (MAEKAWA *et al.*, 2009), principalmente para climas e estações extremos.

### **Conclusões e direções futuras**

O presente artigo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura de estudos que tratam do desempenho térmico em edificações históricas brasileiras. A análise caracterizou os trabalhos considerando a localização e o ano de publicação, além dos objetivos e abordagens metodológicas aplicadas. Uma análise crítica dos resultados dos estudos primários foi apresentada a partir de três categorias de análise: (i) período de construção e técnicas construtivas, (ii) uso e (iii) condições climáticas locais e o tipo de ventilação dos edifícios.

A partir deste trabalho, observou-se que o número de pesquisas sobre o desempenho térmico de construções históricas tem aumentado ao longo dos anos, embora mais trabalhos sejam ainda importantes para incentivar o uso e a preservação de tais edificações. Foi observada uma maior concentração de casos nas regiões Sudeste e Sul, com foco nos usos administrativo e residencial. Além disso, 65% das edificações analisadas são do século XX e 77% apresentam mecanismos naturais de ventilação. Destaca-se ainda que os estudos possuem uma heterogeneidade tanto nos objetivos quanto nos parâmetros usados para avaliar os casos. Assim, observaram-se abordagens objetivas, como porcentagem de horas de conforto, e subjetivas, como a percepção de conforto pelos usuários. Embora a maioria dos trabalhos (72%) avaliou os edifícios em seu estado original, parte dos casos apresentou análises destinadas a identificar pontos fracos do edifício ou dos sistemas de serviços em que melhorias adequadas poderiam contribuir para o desempenho térmico de ambientes. Percebeu-se ainda que, em geral, as edificações do século XX e de uso educacional apresentaram desempenho térmico inferior aos demais casos e que, entre os casos que incorporaram alternativas arquitetônicas, os dos séculos XVIII e XIX testaram aspectos mais conservadores. Em relação à localização climática, a maioria dos casos estudados está situada em zonas frias no país e mais casos em climas amenos ainda precisam ser considerados.

Esse estudo permitiu identificar como as mudanças nas técnicas construtivas ao longo da história têm influenciado o desempenho ambiental das edificações; e como pesquisadores têm pensado em formas de incorporar alternativas arquitetônicas que contribuam para esse desempenho, a partir de seu período de construção e estilo arquitetônico. Contudo, é preciso considerar que, além da eficiência energética e das condições térmicas, outros fatores como custos, emissões de CO<sub>2</sub> e a estética de tais edifícios precisam ser considerados na prática. Assim, o país ainda carece de diretrizes sobre abordagens de conservação que alinhem princípios de desempenho térmico com valores arquitetônicos e culturais.

Dessa forma, respondendo à questão inicial deste trabalho, é possível dizer que ainda estamos poucos preocupados com o desempenho térmico das edificações históricas do país, tendo em vista principalmente a relativa pouca quantidade de estudos – de impacto no meio científico – sobre o tema. O campo apresenta importantes lacunas que podem orientar futuras pesquisas. Entre elas destacam-se:

- considerar edificações dos séculos XVII e XVIII que usaram técnicas construtivas vernaculares;
- estudar casos de usos: religioso, de educação básica e do setor de saúde;
- avaliar casos nas regiões Norte e Nordeste do país;

- considerar mecanismos híbridos de ventilação, principalmente em climas e estações amenas;
- incluir avaliação econômica em conjunto com as estratégias de conforto propostas;
- considerar a avaliação paramétrica de soluções e alternativas propostas.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de iniciação científica concedida no período de elaboração deste artigo, sob número de edital 200.898/2020.

## Notas

- (1) O RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas) especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética.
- (2) A EnerPHit (*Quality-Approved Energy Retrofit with Passive House Components*) consiste em uma certificação emitida pelo *Passivhaus Institute* que se concentra em projetos de retrofit.

## Referências

APOLÔNIO, R. M.; OMAR, L. G.; JESUS, J. M. H.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; CARVALHO, B. C. Proposta de retrofit para um edifício histórico seguindo os princípios de sustentabilidade. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL - PLURIS, 4., 2010, Faro. **Anais [...]**. Faro: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper385.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. 2004. 235 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1652/4/650378.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2021.

BARROS GONÇALVES, W. D.; CRUZ SOUZA, L. A. Potencial de uso da ventilação natural ou forçada na conservação preventiva de bens culturais móveis - Estudo de Caso. In: CONGRESO IBEROAMERICANO, 3.; JORNADA TECNICAS DE RESTAURACION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO, 11., 2013, La Plata. **Anais [...]**. La Plata: 2013. p. 1-12. Disponível em: [https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/278/11746\\_278.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/278/11746_278.pdf?isAllowed=y&sequence=1). Acesso em: 9 abr. 2021.

BARROSO, B. I.; MULFARTH, R. K. C. The performance under the ergonomic approach of building icons of Brazilian modernist architecture in São Paulo, built between 1930 and 1964: buildings for commercial and service use. In: PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA 2017, 33., 2017, Edinburgh. **Proceedings [...]**. Edinburgh: NCEUB, 2017. v. 1, p. 664-671.

BEZERRA, I. M. T. O. **Conforto ambiental no processo de reutilização de edifícios históricos tombados**. 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/303072>. Acesso em: 15 set. 2021.

BORGES, A. M. **Vernacu[lares]: a casa de fazenda seridoense do século XIX como exemplo de adaptação ao clima semiárido**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro De Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21171>. Acesso em: 15 set. 2021.

BORGES, A. M. S. **Um patrimônio em risco: a influência do processo de urbanização sobre a preservação do acervo de obras raras da Faculdade de Direito do Recife**. 2017. 169 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) -

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29828>. Acesso em: 20 set. 2021.

BRAGA, D. K. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília** : aspectos de conforto térmico. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2116>. Acesso em: 30 set. 2021.

BRAGA, D. K.; AMORIM, C. N. D. Conforto térmico em edifícios residenciais do plano piloto de Brasília. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANTAC, 2014.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10295.htm). Acesso em: 5 mar. 2021.

CARDOSO, G.; VISENTIN, T.; BENINCÁ, L.; NECKEL, A. Post-Occupancy Evaluation for a school building: a case study in the city of Passo Fundo/RS, Brazil. In: PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA 2017, 33., 2017, Edinburgh. **Proceedings [...]**. Edinburgh: NCEUB, 2017. v. 2, p. 2483-2490.

CAROTENUTO, A. R. S. **Análise do desempenho termoenergético de um prédio histórico de elevada inércia térmica**. 2009. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15730/000689847.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CARVALHO, A. R. D.; CUNHA, E. G.; OLIVEIRA, A. L. C. D.; KREBS, L; SILVA, A. C. S. B. . Estudo Piloto sobre aplicação da normativa ENERPHIT em um edifício histórico de Pelotas, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL CONSTRUÍDO, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ANTAC, 2019. v. 1. p. 2343-2352.

CAVALERI, M. P. M.; GONÇALVES, J. C. S. The impact of urban form and building typology on the thermal performance of housing in central Sao Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL PLEA PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE, 31., 2015, Bologna. **Proceedings [...]**. Bologna: NCEUB, v. 1.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional 2020**: Ano base 2019. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 5 de mar. 2021.

ESTEVES, A. P. C.; LOMARDO, L. L. B. The facades technological updating of an icon of Brazilian modernist architecture: the case of the IRB headquarters building. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY MANAGEMENT IN CULTURAL HERITAGE, 2011, Dubrovnik. **Proceedings [...]**. Dubrovnik: UNDP, 2011.

FELÍCIO, R. A.; GRIGOLETTI, G. D. C.; GABRIEL, H. R. Arquitetura colonial sob a ótica da eficiência energética: o caso do Museu Regional de Caeté. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Londrina: ANTAC, 2018. p. 621-628. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1391/1151>. Acesso em: 20 out. 2021.

FERNANDES, L. O.; LABAKI, L. C. Retrofit of educational facility through passive strategies in hot climate. In: WINDSON CONFERENCE: MAKING CONFORT RELEVANT, 9., 2016, Windsor. **Proceedings [...]**. Windsor: NCEUB, 2016. p. 532-541.

FREITAS, V. P. (coord.). **Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos**. Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012. 300 p.

FRIDMAN, F.; ARAÚJO, A. P. S. D.; DAIBERT, A. B. D. Políticas públicas de preservação do patrimônio histórico no Brasil. Três estudos de caso (1973-2016). **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, v.21, n. 3, p. 621-638, set./dez. 2019. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/6034/pdf>. Acesso em: 5 mar. 2021.

FUMAGALLI, J. P.; BETINI, R. C.; ALVES, G. M.; FRITZEN, P. C. Study of Case for Energy Efficiency in Old Buildings. **Renewable Energy & Power Journal**, n. 14, p. 67-72, May 2016. DOI: <https://doi.org/10.24084/repqj14.228>.

GONÇALVES, J. C. S.; DOLCE, M.; MULFARTH, R. C. K.; LIMA, E. G.; FERREIRA, A. Revealing the thermal environmental quality of the high-density residential tall building from the Brazilian bioclimatic modernism: The case-study of Copan building. **Energy and Buildings**, v. 175, p. 17-29, Sept. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.054>.

GONÇALVES, W. B. Interfaces e conflitos entre o conforto ambiental humano e a conservação preventiva do acervo em edifícios que abrigam coleções. **Museologia e Patrimônio - Revista Eletrônica do Programa de Pós Graduação em Museologia e Patrimônio**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 10-27, 2016. Disponível em: <http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmus/article/view/481/537>. Acesso em: 8 mar. 2021.

GONÇALVES, W. B. **Métricas de preservação e simulações computacionais como ferramentas diagnósticas para a conservação preventiva de coleções**: estudo de caso no Sítio Patrimônio Mundial de Congonhas - MG. 2013. 493 f. Tese (Doutorado) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/JSSS-9GRH79>. Acesso em: 18 abr. 2021.

HASHEMPOUR, N.; TAHERKHANI, R.; MAHDIKHANI, M. Energy performance optimization of existing buildings: A literature review. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 54, p. 1-17, Mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101967>.

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Bens tombados**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>. Acesso em: 5 de mar. 2021.

JAPIASSÚ, P. **Método para avaliação de retrofit energético em edificações históricas brasileiras**. 2019. 321 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/38668>. Acesso em: 13 mar. 2021.

KNOP, S. **Comportamento Termoenergético de Edificação Histórica com Novo Uso na Cidade de Pelotas**: O Caso do Casarão 02 - Secretaria Municipal da Cultura. 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/5170>. Acesso em: 20 abr. 2021.

KNOP, S.; CUNHA, E. G. D. Evaluation of the Thermal Performance of Historic Building with new use in the city of Pelotas. In: BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE, 1., 2012, Loughborough. **Proceedings [...]**. Loughborough: IBPSA-England, 2012. p. 409-416. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BSO2012/6B3.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

LIDELÖW, S.; ÖRN, T.; LUCIANI, A.; RIZZO, A. Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 45, p. 231-242, Feb. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.029>.

MAEKAWA, S.; CARVALHO, C. S. R.; TOLEDO, F.; BELTRAM, V. Sistema de controle climático para a biblioteca Rui Barbosa: Preservação da coleção e melhoria das condições de conforto dos visitantes. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSERVADORES – RESTAURADORES DE BENS CULTURAIS - ABRACOR, 8., 2009. Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRACOR, 2009. p. 281-285.

MARTÍNEZ-MOLINA, A.; TORT-AUSINA, I.; CHO, S.; VIVANCOS, J-L. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 70-85, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.018>.

MATEUS, J. M. A questão da tradição. História da construção e preservação do patrimônio arquitetônico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 32-37, abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v4i1.8634556>.

MENDES, A. L. **Arquitetura bioclimática na Amazônia**: um estudo da obra de Severiano Mário Porto no Setor Norte do Campus UFAM. 2019. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade) - Universidade Federal de Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7139>. Acesso em: 30 ago. 2021.

MORO, J.; CORREA, P. C. B.; KRUGER, E. Avaliação da Eficiência Energética do Tribunal de Contas do Paraná, sediado em Curitiba. **Paranoá**, Brasília, n. 28, p. 1-22, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n28.2020.06>.

MOTISUKE, D. **Reabilitação de áreas centrais**: antagonismos e ambigüidades do programa paulistano ação centro. 2008. 217 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16137/tde-15012010-145925/publico/FINALTOTAL.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MUNARIM, U.; GHISI, E. Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Inglaterra, v. 58, p. 235-249, May 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.334>.

PASTORE, L.; RASTOGI, P.; ROCKCASTLE, S.; MONARI, H. Y.C.; RUEFF, G.; ANDERSEN, M. Assessing the impact of contemporary urbanization on bioclimatic features of historic architecture through a two-step simulation process. In: PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA 2016, 36., 2016. **Proceedings [...]**. Los Angeles: NCEUB, 2016. p. 1-6.

PIMENTEL, K. S. **Controle ambiental e compositivo na arquitetura moderna de Curitiba**. 2018. 394 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/182656/001075975.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 ago. 2021.

PINHO, J. K. C. **FAU-USP**: desempenho ambiental em cenário de mudança climática. 2016. 130 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-05092016-131856/publico/johnnyklemke.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

RIBEIRO, M. B.; LOMARDO, L. B. Bioclimatic Museum Architecture in Historic Buildings: New Challenges for Sustainable Architecture in Brazil. In: IAHS WORLD CONGRESS ON HOUSING, 41., 2016, Albufeira, Algarve. **Proceedings [...]**. Porto: Universidade do Porto, 2016.

SÁNCHEZ, E. M. B. **Qualidade da habitação do projeto piloto locação social para população em situação de rua**: uma análise dialógica. 2020. 189 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192903>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SILVA, M. E.; CUNHA, E. G.; TORRES, A. D. S.; SALAMONI, I. T. Análise do microclima interno para os limites de conforto ambiental em prédios históricos com novos usos na cidade de Pelotas/RS, Brasil. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v.4, n. 1, p. 63-80, jan./jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v4n1p63-80>.

SOUSA, J. A. **Domicílios particulares improvisados**: avaliação de desempenho ambiental do uso residencial do comércio local norte (CLN) do plano piloto de Brasília. 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2039>. Acesso em: 30 set. 2021.

TAVEIRA, F. G. **Práticas sócio-ambientais no espaço escolar**: uma reflexão sobre a percepção dos usuários de duas escolas do ensino fundamental em João Pessoa. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente

Construído) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12309>. Acesso em: 10 ago. 2021.

UN. UNITED NATIONS. **Millennium Development Goals Report**: 2015. New York: United Nations, 2015. Disponível em: [https://www.un.org/millenniumgoals/2015\\_MDG\\_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf). Acesso em: 15 ago. 2021.

UNESCO. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **World Heritage List Statistics**. 2019. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/list/stat>. Acesso em: 5 de mar. de 2021.

UZUM, M. D. S. D.; GONÇALVES, J. C. S. The thermal performance of compact housing in tall buildings: an analytical examination for the retrofit of façades in the densified city centre of São Paulo. **Architectural Science Review**, v. 64, n. 1-2, p. 56-71, Apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1748870>.

WERNECK, D. R.; COSTA, J. F. W.; AGUIAR, J. R. C.; SOUSA, N.; LOPES, A. F. O. ; AMORIM, C. N. D. Studies on energy performance utilizing computer simulations towards a ZEB building: a case study in Chico Mendes Institute in Brasília. In: **PASSIVE LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA 2017**, 33., 2017, Edinburgh. **Proceedings [...]**. Endinburgh: NCEUB, 2017. v. 2, p. 2720-2727.

## APÊNDICE A – Quadro com técnicas construtivas dos casos analisados

Referências	Edifício(s)	Ano	 Estrutura	 Cobertura	 Parede	 Piso	Demais elementos
Japiassú (2019)	Museu das Bandeiras e Secretaria da Fazenda da cidade de Goiás	1766 / 1771 /	Museu das Bandeiras e Secretaria da Fazenda da cidade de Goiás: Paredes autoportantes de terra compactada	Museu: telhas cerâmicas e estrutura em madeira	Museu: taipa de pilão com pedras; pintura a cal / Secretaria: externas de taipa de pilão e interna de taipa de mão e adobe	Museu: madeira	Museu e Secretaria: alicerce de alvenaria de pedra
Japiassú (2019)	Palácio do Itamaraty e Palácio da Justiça	1969 / 1962	Itamaraty e Justiça: Estrutura de concreto	Itamaraty e Justiça: laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas	Itamaraty e Justiça: alvenaria de tijolo	-	Itamaraty e Justiça: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê de 6 mm
Felício <i>et al.</i> (2018)	Museu Regional de Caeté	Final do século XVIII	Fundação em pedra; Estrutura em madeira	Estrutura em madeira e telha de barro tipo capa e canal	Vedação externa em adobe e interna de pau a pique	Madeira	-
Gonçalves e Souza (2013) e Gonçalves (2016)	Capela da Ceia do Santuário de Bom Jesus de Matosinhos	Final do Séc. XVIII/1808	-	-	Paredes de alvenaria caiados de branco	-	-
Knop e Cunha (2012)	Antiga residência de Charqueador José Vieira Vianna	1830	Alvenaria autoportante	Estrutura em madeira com telha de cerâmica capa-canal	Alvenaria de tijolos maciço rebocada com cal	Térreo em solo, camada e ar e madeira ou azulejos hidráulicos e primeiro pavimento em madeira	Janelas em madeira e vidro

Borges (2017)	Biblioteca de Obras Raras da Faculdade de direito de Recife	1830	-	Cobertura de estrutura metálica e telhas francesas de cerâmica e de vidro	-	Madeira	Pintura clara; forro de estuque; claraboia em vidro; portas e janelas em madeira de carvalho
Maekawa et al. (2009)	Casa de Rui Barbosa	1850	-	-	Alvenaria	-	-
Borges (2015)	Fazenda Agenus; Penedo; Palmas (Casa Rural Assis Ageu); Pitombeiras; Garrotes;	1850 / 1850 / 1850 / 1870 / 1880	Autoportante de tijolo	Telhas cerâmicas do tipo colonial	Alvenarias autoportante de tijolo maciço recoberto por uma camada de reboco	Cimento queimado e em tijoleira. Escada de acesso ao sótão em madeira	-
Silva et al. (2017)	Três edifícios	1830 / 1879 / 1878	-	Telhas cerâmicas e estrutura de madeira	Paredes autoportantes em alvenaria de tijolo de barro rebocadas com argamassa e caiadas	-	Janelas e portas de madeira e vidro com postigos
Bezerra (2003)	Centro Cultural Banco do Brasil e Secretaria da Justiça e da Defesa e da Cidadania	1901 / 1888	Centro Cultural Banco do Brasil (CCBB): concreto.	CCBB: metal e vidro aramado.	CCBB: alvenaria de tijolo Secretaria da Justiça e da Defesa e da Cidadania (SJDC): alvenaria de tijolo	madeira	CCBB: caixilhos de ferros e vidro. SJDC: esquadrias em madeira ou ferro
Apolônio et al. (2010)	Gráfica Pepe	Metade do século XIX	-	Telha de barro	Adobe e pedra canga	-	-
Carvalho et al (2019)	Loja de Brinquedos e Lotérica	Século XIX	-	Fibrocimento	Tijolo maciço cerâmico	Laje de concreto e piso cerâmico	-
Carotenuto (2009)	Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.	1926	-	-	Paredes em tijolos maciços	Madeira sustentada por vigas metálicas e sanitários em laje de concreto pré-moldada.	-
Cavaleri e Gonçalves (2015)	Três edifícios	Décadas de 1930 a 1960	-	-	Externa em bloco de concreto; interna em tijolos	Lajes de concreto aparente e chão de madeira	Janelas com vidro transparente
Uzum e Gonçalves (2020)	1 Edificação residencial	Décadas de 1930 a 1960	Concreto	-	Tijolo cerâmico perfurado	-	Cortina de vidro
Esteves e Lomardo (2011)	Instituto de Resseguros do Brasil	1943	Concreto armado	Telha de Barro; Telha metálica	Alvenaria de tijolo	Lajes de concreto e acabamento variados	Janelas em vidro comum; Brise-soleils; Cobogós
Pimentel (2018)	10 edificações	1948-1978	Concreto armado	Lajes, sem telhado convencional	Pilares e vigas de concreto	Laje de concreto	-
Braga e Amorim (2004)	Apartamento em edifício no Plano Piloto de Brasília	Décadas de 60 e 70	Concreto armado	-	Alvenaria de tijolo	Lajes de concreto e acabamento variados	Aberturas em vidro simples; Brise-soleils; Cobogós
Sánchez (2020)	Edifício Asdrúbal do Nascimento II	1963	Estrutura em concreto armado	Cobertura em laje nervurada	Paredes em alvenaria de concreto de 2 furos	-	-

Barroso e Murfarth (2017)	Conjunto Nacional, Edifício Itália e Edifício Copan	1963, 1964, 1966	Concreto	-	Alvenaria tradicional (suposição)	-	-
Gonçalves <i>et al.</i> (2018)	Edifício Copan	1966	Concreto	-	Paredes internas: tijolo maciço.	-	Dispositivos de sombreamento e cobogó
Moro <i>et al.</i> (2020)	Tribunal de contas	1967	Concreto armado	Placas de concreto celular autoclavado, câmara de ar, argamassa e laje de concreto	Pele de vidro	-	Brise-soleils de concreto
Pinho (2016)	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo	1969	-	Cobertura em concreto	Paredes em concreto e <i>drywall</i>	-	-
Taveira (2008)	Escola Sesquicentenário e Escola Médici	1970	Estrutura de viga e pilares de concreto	-	-	Piso de granilite ou concreto	Pintura simples; elementos vazados
Mendes (2019)	Bloco de laboratórios, anfiteatro, salas de aula e administração (Universidade Federal do Amazonas)	1986	Estrutura mista com vigas e pilares metálicos pré-montados e em concreto aramado	Cobertura em fibrocimento	Alvenaria	-	-

Notas: Técnicas construtivas não informadas ou não identificadas contêm uma marcação com um traço.

Estudos que não apresentavam informações sobre o sistema construtivo não foram inseridos no quadro.

Gonçalves (2016) e Gonçalves e Souza (2013) analisam a mesma edificação, por esse motivo eles estão inseridos na mesma linha.

Fonte: as autoras

## APÊNDICE B – Quadro com abordagens e resultados dos casos analisados

Referência	Edifício/Ano	Método	Objetivo da análise	Alternativas propostas	Principais resultados
Gonçalves (2016)	Capela da Ceia do Santuário de Bom Jesus de Matosinhos (1808)	Medições <i>in loco</i>	Analisar comparativamente o conforto humano e a conservação preventiva do acervo		Os limites ambientais seguros para a conservação dos bens culturais abrigados na Capela são mais restritivos que os limites de Givoni para conforto humano.
Werneck <i>et al.</i> (2017)	Instituto Chico Mendes	Coleta de dados de consumo de energia Simulação computacional	Identificar se o edifício tem potencial para se tornar um edifício ZEB	Modelos de proteção solar; inserção de esquadria e isolamento EPS abaixo da laje	Redução de 48% do consumo anual de energia se aplicado isolamento térmico e dispositivos de sombreamento em edificação naturalmente ventilada. O edifício poderia se tornar um edifício ZEB após um processo de <i>retrofit</i> .
Braga e Amorim (2004)	Apartamento em edifício no Plano Piloto (1960-1970)	Medições <i>in loco</i> Simulação computacional	Melhorar o conforto térmico	Vidro de média reflexão e alta proteção e aplicação de proteção solar	Embora a aplicação de vidro de alta reflexão é suficiente para manter as temperaturas dentro dos limites de conforto, o vidro refletivo de média reflexão não o é.
Felício, Grigoletti e Gabriel (2018)	Museu Regional de Caeté (Séc. XVIII)	Medições <i>in loco</i> Simulação computacional	Avaliar o nível de eficiência energética por meio do RTQ-C	Esquadria de alumínio e lâmina de vidro monolítico e inserção de isolante (lã de rocha) acima do forro	No seu estado atual, as horas de conforto correspondem a 79,88% das horas ocupadas e foi alcançado nível B da etiquetagem. As aberturas e a cobertura são os principais responsáveis pela classificação atingida. Após intervenções, atingiu-se nível A.
Fernandes e Labaki (2016)	Edifício da Universidade Estadual de Campinas (1985)	Medições <i>in loco</i> Simulação computacional	Verificar horas de desconforto	Instalação de chaminé solar da base ao topo do edifício	O calor removido pela chaminé solar reduziu a temperatura do ar interno em até 2°C. As horas de desconforto caíram de 97% do

					caso original a 75% no caso com a chaminé.
Apolônio <i>et al.</i> (2010)	Antiga Gráfica Pepe (1894)	Levantamento arquitetônico	Propor estratégias sustentáveis que buscam a eficiência energética e o conforto ambiental tendo como base os conceitos bioclimáticos.	Plantio de árvores no pátio interno. Inserção de pergolado como dispositivo de sombreamento. Abertura no forro para ventilação. Inserção de umidificadores no telhado.	Foi observado que a partir da avaliação de alternativas arquitetônicas é possível promover o conforto térmico, a sustentabilidade, a manutenção e o uso do edifício. O estudo não realizou análises das soluções propostas.
Fumagalli <i>et al.</i> (2016)	Edifício Napoli (1983)	Inspeção <i>in loco</i>	Propor estratégias para diminuir o consumo de energia elétrica.	Revisão de circuitos elétricos, sistemas de iluminação e motores	Foi observada uma economia de energia em torno de 30% a partir das estratégias aplicadas.
Moro, Correa e Kruger (2020)	Tribunal de contas (1967-1983)	Levantamento arquitetônico Simulação computacional	Avaliar o nível de eficiência energética por meio do RTQ-C.	Aplicação de dispositivos de sombreamento (tela tensionada) nas fachadas norte e oeste. Substituição dos vidros com controle solar e aplicação de isolante térmico na cobertura.	O nível de eficiência do caso original foi C, enquanto o caso com sombreamento foi B. Já o caso com sombreamento, novos vidros e com aplicação de isolante térmico na cobertura, foi A.
Gonçalves e Souza (2013)	Capela da Ceia do Santuário de Bom Jesus de Matosinhos (Séc. XVIII)	Medições <i>in loco</i> Análise estatística	Determinar o percentual de horas do ano em que a ventilação natural ou forçada é aplicável com vistas à conservação de esculturas policromadas em madeira.	*	É viável o uso da estratégia de ventilação natural ou forçada para a desumidificação do ar para a conservação das coleções de madeira. O potencial anual de aplicação da desumidificação é de 19,7%, sendo que os horários potencialmente aplicáveis correspondem aos picos máximos de temperatura diários.
Cardoso <i>et al.</i> (2017)	Escola Estadual Cecy Leite Costa (1965)	Levantamento arquitetônico Simulação computacional	Avaliar o nível de eficiência energética por meio do RTQ-C.	Permissão da ventilação na parede entre o ambiente e o corredor	Pelo método prescritivo, o edifício atingiu a classificação C, enquanto pelo método da simulação, atingiu A. Os dois métodos não correspondem.
Knop e Cunha (2012)	Antiga residência de Charqueador José Vieira Vianna (1830)	Simulação computacional	Caracterizar o desempenho térmico do edifício	*	Foram encontradas 48,7% de horas com limites aceitáveis de conforto, sendo 13% e 38,3% em desconforto por frio e calor, respectivamente.
Carvalho <i>et al.</i> (2019)	Loja de Brinquedos e Lotérica (século XIX)	Simulação computacional	Verificar a viabilidade de aplicação da EnerPHit em um edifício histórico.	Inserção de lâ de rocha na parte interna da cobertura e paredes e alteração de cores.	O modelo naturalmente ventilado apresentou aproximadamente 44% das horas em conforto e 50% em desconforto por frio. No caso com condicionamento artificial, as horas em desconforto por frio caem para 5% das horas ocupadas. Apesar de oferecer recomendações para climas quente, a certificação EnerPHit superestima transmitâncias térmicas mínimas.
Silva <i>et al.</i> (2017)	Casarões (1830 a 1879)	Levantamento arquitetônico Medições <i>in loco</i>	Analisar se o microclima interno de três edifícios do século XIX está	*	Os edifícios não apresentaram condições de garantir o conforto térmico e higroscópico para os novos usos em questão. Foi

			dentro dos limites estabelecidos pela EnerPhit.		indicada a necessidade de climatização artificial nos ambientes.
Ribeiro e Lomardo (2016)	Museu Villa-Lobos e Casa de Rui Barbosa (século XIX e 1849)	Medições <i>in loco</i>	Conhecer o desempenho ambiental dos edifícios históricos usados como museus e assim criar uma metodologia que facilite a aplicação de parâmetros de conservação em sintonia com outras demandas	*	O Museu Villa-Lobos possui uma variação na umidade relativa do ar similar ao ambiente externo, enquanto a Casa Rui Barbosa ofereceu maior resistência à essa variação, estando ambas acima dos limites recomendados para preservação das peças.
Esteves e Lomardo (2011)	Instituto de Resseguros do Brasil (1943)	Levantamento arquitetônico Análise numérica	Analisar comparativamente três modelos: o edifício originalmente construído, com as transformações ocorridas a partir da reforma de 2010 e com as alternativas propostas.	Substituição de vidros laminados comuns de 4 mm por 8 mm, inserção de lâ de vidro entre placas das fachadas, substituição dos painéis da fachada por fibrocimento e implementação de dispositivos de sombreamento.	Em todas as propostas (original, atual, proposto) foram encontradas nível A de desempenho. O uso do uso de vidro com fator solar mais adequado e a inclusão de lâ de vidro entre as placas das fachadas diminuíram a condutância térmica e aumentou a capacidade térmica das paredes, o que reduziu o consumo de energia do sistema de ar-condicionado.
Luisa <i>et al.</i> (2016)	Casa das Rosas (1930)	Simulação computacional	Analisar comparativamente as condições ambientais do edifício no momento de sua construção e no presente.	*	O planejamento urbano pode ter um impacto significativo sobre condições ambientais de edifícios históricos, embora a medidas das temperaturas não foram significativamente afetadas.
Barroso e Mulfarth (2017)	Conjunto Nacional (1963), Edifício Itália (1964) e Copan (1966)	Levantamento arquitetônico Medições <i>in loco</i> Aplicação de questionários	Avaliar o desempenho dos três edifícios históricos considerando as modificações sofridas pelo uso.	*	Edifícios que sofreram alterações em relação à planta original a favor da funcionalidade tiveram seu desempenho comprometido, mas os que mantiveram o traçado original tendem a conseguir manter uma qualidade ambiental superior.
Gonçalves <i>et al.</i> (2018)	Edifício Copan (1966)	Medições <i>in loco</i> Aplicação de questionários Simulação computacional	Avaliar o desempenho térmico de 4 unidades residenciais no edifício Copan.	*	O efeito da inércia térmica, em conjunto aos dispositivos de sombreamento resultou em condições térmicas mais estáveis nos dias quentes e frios, o que favorece o conforto térmico dos usuários. Adicionalmente, ventilação noturna foi efetiva em abaixar as temperaturas internas durante os dias quentes.
Uzum e Gonçalves (2020)	1 Edificação residencial (1930-1960)	Simulação computacional	Quantificar o desempenho térmico de habitações compactas em edificações construídas entre as décadas de 1930 e 1960	Orientações solares, altura da edificação e com e sem obstruções	No período de verão foi observado superaquecimento nas unidades, sendo o pior caso, a unidade com fachada voltada a oeste e situada no 5º andar. Já o melhor cenário no verão foi o caso com dispositivo de sombreamento e obstrução externa. A ventilação cruzada melhorou as condições de conforto, principalmente nos pavimentos mais baixos. Indica-se uma abertura de 50 a 70% para que a renovação do ar seja

					satisfatória. Para o período de inverno, os piores cenários observados foram os casos com orientação sul, em que o desconforto pode atingir 30% do tempo.
Cavaleri e Gonçalves (2015)	Edifício Híbrido (comercial e residencial) (1930-1960)	Simulação computacional	Analisar quais os impactos da forma urbana e das tipologias de edifícios no desempenho térmico em unidades habitacionais.	*	Resultados similares foram encontrados para os casos, o que pode estar relacionado à construção de alta massa, superfícies internas com alta inércia térmica e reduzida incidência de radiação solar nos espaços internos. Os níveis de conforto foram observados em aproximadamente 67% das horas do ano.
Maekawa et al. (2009)	Casa de Rui Barbosa (1849)	Levantamento arquitetônico	Verificar a aplicabilidade de estratégias de controle climático no edifício.	Reparação do envelope para reduzir infiltração de ar. Instalação de sistema de controle de ventilação e de ventilador de exaustão no sótão para reduzir acúmulo de calor.	A aplicação das estratégias de controle climáticas baseadas em ventilação e desumidificação produziram efeitos satisfatórios para a conservação das peças.
Bezerra (2003)	Centro Cultural Banco do Brasil e Secretaria da Justiça e da Defesa e da Cidadania (1887)	Levantamento arquitetônico Medições <i>in loco</i> Aplicação de questionários	Estudar o conforto ambiental em edifícios adaptados para novos usos que incorporam tecnologias de apoio e serviços não existentes à época de sua construção e uso inicial.	*	Os ambientes analisados se enquadram na neutralidade térmica e leve sensação de calor.
Carotenuto (2009)	Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1926)	Simulação computacional	Avaliar o desempenho termo energético de um prédio histórico de elevada inércia térmica.	*	Os parâmetros de conforto térmico foram atendidos na maioria dos ambientes. Contudo, alguns ambientes com o número elevado de pessoas, como o auditório e o bar-café, apresentaram desconforto.
Sousa (2008)	Três blocos do Setor de Comércio Local Norte	Simulação computacional Levantamento arquitetônico Aplicação de questionário	Estabelece diretrizes para reabilitação do objeto de estudo ao uso residencial, garantindo o conforto ambiental dos usuários.	*	A forma do edifício adotada, com recuo de três metros das sobrelojas em relação ao pavimento superior e a caixa de varandas, oferece benefício do ponto de vista da proteção solar. A fachada sul nos três casos avaliados apresenta insatisfatório desempenho pois recebe radiação excessiva no verão.
Pinho (2016)	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (1969)	Levantamento arquitetônico Medições <i>in loco</i> Simulação computacional Aplicação de questionários	Definir o potencial da ventilação natural associada ao sombreamento e à massa térmica como estratégia de projeto para a redução de carga térmica no edifício no cenário climático atual e em 2045.	Cenário atual X cenário em 2045. Nível do isolamento térmico do domo (substituição do material translúcido), abertura entre os domos e a estrutura de concreto e sombreamento.	Comparando o cenário atual com 2045, a frequência de ocorrência de temperaturas altas, sobretudo acima de 32°C, é sensivelmente mais alta no último. O aumento da ventilação permanente por meio da cobertura e o seu sombreamento resultam na diminuição do desconforto devido às altas temperaturas. As mesmas tendências foram observadas nos dois períodos simulados, sendo que no cenário de mudança

					climática as estratégias tendem a ser menos eficientes.
Pimentel (2018)	10 edifícios em Curitiba (1948-1978)	Análise de projeto	Validar ou não a adequação e eficácia do controle compositivo e controle ambiental decididos pelo arquiteto em relação ao clima local.	*	Os projetos dos edifícios possuem composição relacionada aos dispositivos de controle ambiental, atendendo as necessidades de conforto locais.
Sánchez (2020)	Asdrúbal do Nascimento II (1963)	Análise de projeto Comparação com a norma de Desempenho (15575-4 e 15575-5) Aplicação de questionários	Avaliar a qualidade da habitação do Projeto Piloto Locação Social para Pessoas em Situação de Rua.	*	A maioria dos entrevistados avaliou como normal a temperatura no apartamento no verão. Já no inverno, 44% avaliaram como muito frio.
Taveira (2008)	Escola Sesquicentenário e Escola Médici (1970)	Análise de projeto Análise in loco Aplicação de questionários	Analisar a relação pessoa-ambiente através da ótica da Avaliação Pós-Ocupação (APO)	*	Na avaliação de conforto ambiental a iluminação recebeu a média mais alta para os alunos e funcionários na Escola Sesquicentenário. Já na Escola Médici o sombreamento teve a melhor média.
Borges (2017)	Biblioteca de Obras Raras da Faculdade de Direito de Recife (1830)	Medição <i>in loco</i> Análise <i>in loco</i>	Avaliar como o processo de urbanização e os fatores físicos, químicos, biológicos humanos afetam a preservação do acervo.	*	Os níveis de intensidade ultravioleta (UV) ultrapassam os limites estabelecidos para salvaguarda de acervos bibliográficos e os níveis de umidade relativa do ar alcançaram 70%.
Japiassú (2019)	Museu das Bandeiras (1766), Secretaria da Fazenda da cidade de Goiás (1771-1773), Palácio do Itamaraty (1969), Palácio da Justiça (1962-1972)	Análise dos projetos <i>in loco</i> Medições <i>in loco</i> Simulação computacional Questionário	Desenvolver um método para avaliar as estratégias de retrofit energético em edificações históricas brasileiras.	Adição de película no vidro, substituição do vidro existente por vidro de baixa ou alta reflexão, substituição das telhas existentes por telha termoacústica de acabamento na cor branca, entre outros.	No edifício naturalmente ventilado Museu das Bandeiras não houve alterações nos resultados para a simulação das estratégias de intervenção ao longo do ano em comparação com os valores de referência. As estratégias de intervenções na Secretaria da Fazenda promoveram a redução do consumo energético na edificação, sendo as mais representativas as da cobertura. No Palácio do Itamaraty a aplicação de pintura branca na cobertura foi a estratégia que resultou na maior redução de consumo energético, de 2,55%. Já no Palácio da Justiça a estratégia de intervenção que apresenta melhor desempenho energético foi a substituição do vidro existente pelo vidro insulado "Solar Silver32", que apresentou 4,19% de redução do consumo energético.
Borges (2015)	Fazenda Pitombeiras (1870); Fazenda Agenus (1850); Fazenda Garrotes (1890); Fazenda Palmas (Casa Rural Assis Ageu) (séc. XIX); Fazenda Penedo (1850)	Análise dos projetos <i>in loco</i> Medições <i>in loco</i> Simulação computacional	Identificar quais as particularidades das casas de fazenda que contribuem para adaptabilidade destas edificações ao clima semiárido.	*	O monitoramento térmico apresentou bons resultados na maioria das casas, o que está relacionado à implementação de estratégias bioclimáticas. Entre as soluções mais comuns estão: altura do vão com permeabilidade da cobertura, ventilação seletiva, resfriamento evaporativo e posicionamento do alpendre.
Mendes (2019)	Edificações do Setor Norte do Campus Universidade	Medições <i>in loco</i> Análise do projeto	Estudar as edificações originais do Setor Norte do Campus da UFAM	*	Todas as edificações atingiram indicadores de consumo nível "A" nas envoltórias, porém as classificações finais foram nível

**MOON, B. S. K.; MESQUITA, C. B.; BARBOSA, S. A.**

Estamos preocupados com o desempenho ambiental de edifícios históricos no Brasil?

---

	Federal do Amazonas (1986)		sobre o ponto de vista das estratégias de arquitetura bioclimática		"E". Os níveis de conforto, segundo a ASHRAE 55 foram atendidas na maioria dos pontos.
--	----------------------------	--	--	--	--

Análise do caso original sem proposição de alternativas

Fonte: as autoras

---

**1 Beatriz Se Keng Moon**

Arquiteta e Urbanista. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Endereço postal: Avenida Ipiranga, 544, Petrópolis, RJ – Brasil. 25610-150

**2 Cláudia Baima Mesquita**

Arquiteta e Urbanista. Doutorado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Endereço postal: Avenida Ipiranga, 544, Petrópolis, RJ – Brasil. 25610-150

**3 Sabrina Andrade Barbosa**

Arquiteta e Urbanista. PhD em Ambiente Construído na University of Brighton. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Endereço postal: Avenida Ipiranga, 544, Petrópolis, RJ – Brasil. 25610-150