



RETROFIT ENERGÉTICO DE PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO MODERNO EM BRASÍLIA: ESTUDO DO PALÁCIO DA JUSTIÇA

Eixo Temático: Teorias e práticas de intervenção no moderno

Pammila Japiassú

Professora Mestre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília
pammilajapiassu@gmail.com

Julia Resende Kanno

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília
juliarkanno@gmail.com

Thais Ferreira Magalhães

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília
magalhaestfm@gmail.com

Cláudia Naves David Amorim

Professora Doutora da Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
clamorim@unb.br

Resumo:

As recentes crises energéticas, juntamente com a crescente demanda de energia mundial, alinhada à necessidade de melhoria de desempenho de edifícios, faz com que pesquisas relacionadas à eficiência energética sejam imprescindíveis no panorama brasileiro. Edifícios históricos tombados também devem ser estudados para obter soluções tipo para a intervenção de reabilitação com o enfoque de redução do consumo energético e preservação desses edifícios. Neste contexto, esta pesquisa propõe avaliar o desempenho energético de um edifício moderno em Brasília, o Palácio da Justiça, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer. Para tanto, foi realizado levantamento documental, fotográfico, geométrico e dimensional do edifício durante as visitas in loco. Além disso, foram coletadas informações sobre o sistema de iluminação, ar condicionado e a envoltória do edifício. A avaliação de desempenho seguiu o método prescritivo do RTQ-C (BRASIL, 2010). Com base na caracterização do edifício e na avaliação de desempenho energético, foi possível classificar seu nível de eficiência energética e propor estratégias visando à redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental referentes à envoltória, ao sistema de ar condicionado e iluminação.

Palavras-chave: retrofit energético, desempenho energético, arquitetura moderna, edifício tombado, Brasília.

Abstract:

The recent energy crises, together with the growing world energy demand, aligned with the need to improve the performance of buildings, makes research related to energy efficiency are essential in the Brazilian panorama. Recorded historic buildings should also be studied to obtain standard solutions for rehabilitation intervention with the focus on reducing energy consumption and preserving these

13º Seminário

do_co,mo,mo_
brasil

Salvador – BA
7 a 10 de outubro de 2019



buildings. In this context, this research proposes to evaluate the energy performance of a modern building in Brasilia, the Palace of Justice, designed by the architect Oscar Niemeyer. For that, a documentary, photographic, geometric and dimensional survey of the building was carried out during the on-site visits. In addition, information was collected on the lighting system, air conditioning and the building envelope. The performance evaluation followed the prescriptive method of RTQ-C (BRASIL, 2010). Based on the characterization of the building and the evaluation of energy performance, it was possible to classify its level of energy efficiency and propose strategies aiming at reducing energy consumption and improving environmental comfort regarding the envelope, the air conditioning system and lighting.

Keywords: energy retrofit, energy performance, modern architecture, heritage building, Brasília.



RETROFIT ENERGÉTICO DE PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO MODERNO EM BRASÍLIA: ESTUDO DO PALÁCIO DA JUSTIÇA

Introdução:

A busca pela redução do consumo energético e adequação as necessidades atuais de uso e ocupação em edifícios modernistas construídos por volta da metade do século XX gera a discussão sobre como intervir e quais critérios a serem considerados para o desenvolvimento de projeto de *retrofit* energético dessas edificações.

O *retrofit* energético consiste em “qualquer reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação” (BRASIL, 2014, p.01). Esse tipo de intervenção em edificações existentes pode reduzir até 30% de seu consumo energético (ROMÉRO, REIS, 2012).

No entanto, quando o edifício é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é necessário escolher com cuidado as estratégias de intervenção visando à redução do consumo energético, uma vez que é recomendado que haja o mínimo de intervenção para preservação da sua autenticidade.

As cartas patrimoniais (CURY, 2004), dentre outros aspectos, buscam estabelecer princípios a serem seguidos mundialmente no âmbito de intervenção de edificações protegidas. Dentre as cartas patrimoniais, destaca-se a Carta de Veneza onde são estabelecidos cinco princípios para o projeto de intervenção que são: a distinguibilidade; mínima intervenção; reversibilidade; retrabalhabilidade; e compatibilidade de técnicas e materiais.

No Brasil, existem alguns manuais de recomendações para elaboração dos projetos de intervenção em edificações históricas, tais como, o “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” desenvolvido pelo Instituto do Programa Monumenta (BRASIL, 2005) e o “Roteiro: Elaboração de projeto de restauro” desenvolvido pela Fundação de Cultura Catarinense em conjunto com o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (FCC, IPUF, 2005).

O principal documento utilizado pelo IPHAN para orientação e sistematização da elaboração de projetos para preservação do patrimônio edificado e dos espaços públicos urbanos é o Manual do Programa Monumenta (BRASIL, 2005). A fim de salvaguardar as características arquitetônicas e culturais, esse documento apresenta diretrizes para projetos em edificações históricas tombadas. Os materiais e técnicas construtivas adotados na obra, por exemplo, devem ser similares aos da edificação original e o projeto deve ser aprovado pelo próprio IPHAN.

Contudo, Vieira e Goes (2014) observam que no manual do Programa Monumenta há diretrizes que estimulam a prática de intervenções preservacionistas que visam à manutenção do estado “original” do bem imóvel, o que pode desconsiderar as mudanças ocorridas ao longo do tempo e resultar na produção do falso histórico na arquitetura. Segundo as autoras, é necessário que o arquiteto atente-se para os diversos fatores relacionados ao patrimônio arquitetônico para desenvolvimento do projeto de intervenção de modo a evitar pastiches ou o comprometimento da integridade do bem imóvel. “A falta de diretrizes norteadoras baseadas no rigor metodológico desencadeia em uma série de exemplos mal sucedidos de intervenções [...]” (VIEIRA, GOES, 2014, p.9).

Apesar de não haver uma regulamentação tratando de quais estratégias de intervenção são passíveis de serem aplicados ao contexto de edificações históricas, alguns estudos



abordam sobre eficiência energética e tentaram estabelecer diretrizes para *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras (ESTEVES, LOMARDO, 2009; APOLONIO *et al.*, 2010; KNOP, 2012; MENDONÇA, 2014; GUIMARÃES, 2017).

Neste contexto, este estudo pretende avaliar o desempenho energético de uma edificação moderna de Brasília, o Palácio da Justiça, visando à proposição de estratégias para melhoria da eficiência energética e conforto ambiental que respeitem restrições de intervenção estabelecidas de acordo com as especificidades do seu tombamento.

Procedimentos Metodológicos:

Para diagnóstico energético do Palácio da Justiça foram utilizados como referência os documentos: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010a), e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público – RAC-C. (BRASIL, 2010b). Ressalta-se que esses regulamentos destinados à certificação em eficiência energética passaram a ser obrigatórios em 2014 para edificações públicas federais. Segundo Gomes e Amorim (2016), são aproximadamente 5.500 edificações públicas federais distribuídas em municípios de todo território nacional que deveriam ser certificadas no ano de 2015.

Para a caracterização do edifício foram realizadas visitas *in loco* e levantamento documental (projetos, histórico, memorial descritivo, documento de tombamento, entre outros). O projeto arquitetônico foi disponibilizado pela Coordenação Geral de Arquitetura e Engenharia do Ministério da Justiça, em 2018.

Durante as visitas técnicas foram realizados registro fotográfico e inspeção visual do bem imóvel. Além disso, foram levantadas características da envoltória, dos ambientes internos, dos equipamentos elétricos e eletrônicos, do sistema de iluminação artificial, do sistema de condicionamento de ar, e do consumo energético mensal. A partir da análise de dados do edifício, foi possível estabelecer a classificação do nível de eficiência energética do Palácio da Justiça de acordo com o método prescrito do RTQ-C (BRASIL, 2010a).

Para um edifício obter a etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) ele deve ser classificado por sistemas individuais de avaliação da envoltória (peso equivalente a 30% da classificação final), sistema de iluminação (peso equivalente a 30% da classificação final) e sistema de condicionamento de ar (peso equivalente a 40% da classificação final). Os pesos atribuídos para cada sistema individual resultam em uma pontuação final, onde se obtém uma classificação que varia de A (mais eficiente) e E (menos eficiente).

Para a classificação do nível de eficiência da envoltória é necessário calcular alguns fatores como: Transmitância Térmica da Cobertura (U_{cob}); Transmitância Térmica das Paredes (U_{par}); Percentual de Abertura Zenital (PAZ); Absortância Solar da Cobertura ($acob$); Capacidade Térmica das Paredes (CT_{par}); Absortância Solar das Paredes ($apar$); Fator Solar (FS); Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAFt); Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAFo); Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS); Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS).

Para a classificação do sistema de iluminação é necessário além dos limites de potência instalada, devem respeitar os critérios de controle do sistema de iluminação como divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação.



Além dos requisitos de classificação de acordo com a envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, para o edifício ser elegível à etiquetagem, deve cumprir com os requisitos mínimos de circuitos elétricos e aquecimento de água (sistema de aquecimento solar, aquecedores a gás do tipo instantâneo, sistemas de aquecimento de água por bombas de calor, caldeiras a gás, etc.) adequados.

Características do lugar e aspectos históricos do Palácio da Justiça:

O Palácio da Justiça, sede do Ministério da Justiça, se localiza na cidade de Brasília que pertence a Zona Bioclimática 4. A capital possui clima tropical com estação seca no inverno pela classificação Köppen-Geiger (CARDOSO, MARCUZZO, BARROS, 2015). De acordo com os dados climáticos do INMET 2016 (PROJETEEE, 2018), Brasília possui temperatura média mensal máxima de 29,19°C em setembro e temperatura média mínima de 10,36°C em julho, e apresenta, em geral, grande amplitude térmica diária. Os valores de precipitação das chuvas mais baixos ocorrem em maio a setembro, já umidade relativa apresenta valores mais baixos nos meses de julho a setembro.

Projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e equipe, o Palácio da Justiça compõe o conjunto da Esplanada dos Ministérios, no lado oposto ao Palácio Itamaraty, entretanto, ocupou provisoriamente um andar do Bloco 10 da Esplanada dos Ministérios após a transferência da nova capital para Brasília. Burle Marx projetou o jardim aquático, que fica no espelho d'água abaixo das cascatas, e o jardim de inverno, localizado no terceiro pavimento. E Athos Bulcão teve sua participação no forro acústico do Auditório Tancredo Neves.

Os primeiros estudos de Oscar Niemeyer para o Palácio da Justiça datam de 1961, porém há poucas referências do arquiteto sobre a nova sede desse Ministério. Nesses poucos registros, Niemeyer destacou algumas intenções do seu projeto:

Quando eu estudava este palácio, tive a ideia de criar chafarizes no lago então previsto, e os coloquei entre as colunas do edifício. É a fachada que a todos surpreende e diverte, como eu o havia pressentido (PETIT, 1995, p.39).

A sede do Ministério da Justiça teve sua pedra fundamental lançada em 1962, pelo então Ministro da Justiça Alfredo Nasser. A construção iniciou em 1964 e foi finalizada em 1972, entretanto, houve divergências entre o projeto e a execução, o que culminou, em 1985, uma nova recomposição dos arcos da fachada e a retirada do mármore, que Niemeyer julgou não estarem de acordo com o projeto original.

Caracterização do Palácio da Justiça

O Ministério da Justiça é composto por três edificações interligadas por passagens, o prédio principal – Palácio da Justiça, o Anexo I e o Anexo II. Os Anexos do Ministério da Justiça não foram planejados pelo próprio arquiteto como aconteceu no Ministério das Relações Exteriores. À medida que foi ampliando as atribuições do Ministério e o contingente de funcionários, fez-se necessária a aquisição de um edifício anexo. Assim, escolheram o antigo prédio do Tribunal de Contas da União, hoje Anexo I e Anexo II do Ministério da Justiça. A ligação entre os dois anexos é feita por uma passarela suspensa no segundo pavimento e a ligação entre os anexos e o Palácio da Justiça é feita externamente pelo nível do solo.

O edifício principal é constituído por um bloco retangular de 85x75 metros de lados, com um núcleo central envidraçado como em outros palácios de Niemeyer. As fachadas possuem



elementos de composição em concreto armado, pilares e/ou arcadas com formas e espaçamentos diferentes, conforme ilustrado na Figura 1. No entorno se encontra os jardins projetados por Burle Marx, com espelho d'água que contorna as fachadas frontais e lateral esquerda e canteiros geométricos preenchidos com vegetação.

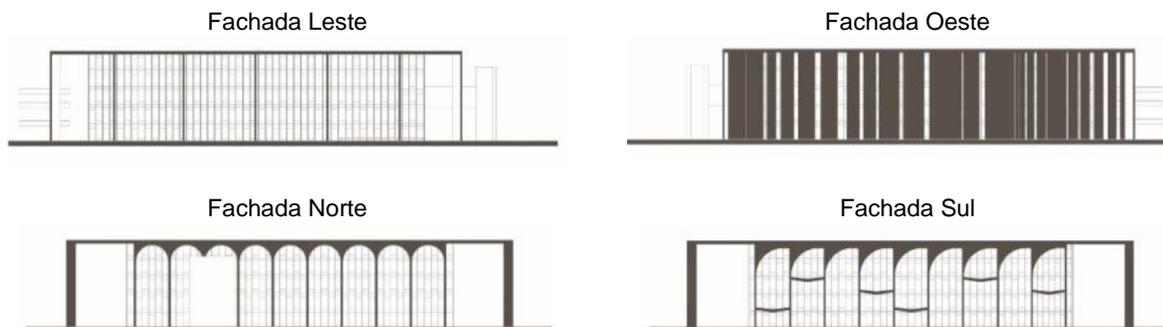


Figura 1: Fachadas do Palácio da Justiça.

Fonte: As autoras.

O edifício é composto de cinco pavimentos e um subsolo, cujas plantas estão apresentadas na Figura 2. O acesso do Palácio da Justiça no pavimento térreo é através de um amplo hall de pé direito duplo denominado Salão Negro. Os espaços de acesso mais restrito se distribuem ao redor da edificação, estando voltadas para as fachadas. Ao lado esquerdo do Salão Negro encontra-se outro salão amplo, e à direita o hall de acesso aos elevadores que se encontra no centro da planta do edifício. Deste hall chega-se a um segundo hall com três acessos: um acesso leva à circulação longitudinal à fachada chegando à entrada lateral; o segundo acesso à área de segurança voltado a fachada frontal e lateral direita, onde se encontra a entrada privativa com elevador e escada; e o último acesso leva diretamente à biblioteca, cujo ambiente ocupa grande parte desse pavimento.

O segundo pavimento é acessado pelo mezanino onde ao centro se dispõe a circulação vertical com escada e três elevadores. Os demais ambientes são acessados pela circulação em "U" que contorna a planta baixa, conformando tanto espaços voltados para as fachadas quanto internos, sem abertura. O auditório se dispõe em dois pavimentos (térreo e segundo) e possui acesso pelo mezanino. Os cômodos internos à planta neste pavimento são destinados a Sala de Departamentos, Almoxarifado, Apoio Técnico do Auditório, Ar Condicionado, Escadas de Serviço e Sanitários.

O terceiro pavimento possui no seu centro um amplo jardim de inverno projetado por Burle Marx. Adjacente ao jardim, estão instalados cômodos como sanitários, copa, depósito, hall de serviços com escada e hall principal com elevadores e escada. Algumas salas são voltadas para o jardim, outras são votadas para as fachadas. Em uma das salas voltadas para a fachada posterior aparece a entrada de uma passarela suspensa que leva a uma pequena torre externa ao bloco principal construída para servir de entrada independente do ministro, porém a torre foi desativada, passarela serve hoje como depósito e o térreo da torre é utilizado para serviço de protocolo avançado.

O quarto e o quinto pavimento se estruturam da mesma forma que o terceiro, tendo os mesmos cômodos fixos internos à planta. Grande parte do quarto pavimento é destinado ao gabinete do ministro e demais atividades como assessorias, cerimonial, sala de retratos, comunicação e divisão de apoio.



Pavimento Térreo



Legenda

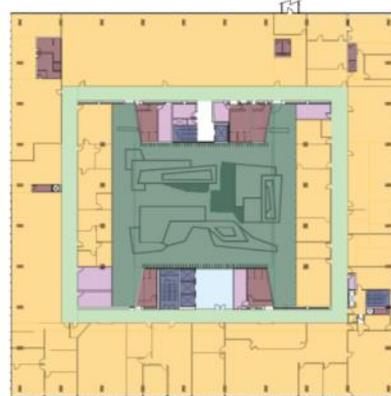
- ADMINISTRAÇÃO
- ALMOXARIFADO
- AUDITÓRIO
- BIBLIOTECA
- BICICLETÁRIO
- CIRCULAÇÃO HORIZONTAL
- CIRCULAÇÃO VERTICAL
- HALL
- INSTALAÇÃO TÉCNICA/ ESTACIONAMENTO
- IMPRENSA
- JARDIM
- SALÃO
- SANITÁRIOS
- SERVIÇOS/ APOIO
- TERRAÇO



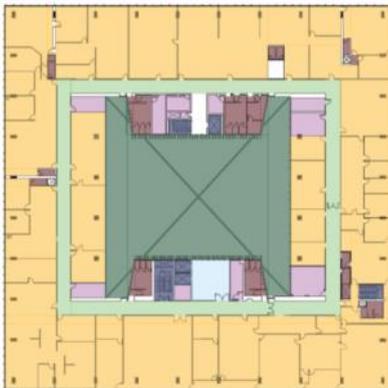
2º Pavimento



3º Pavimento



4º Pavimento



5º Pavimento

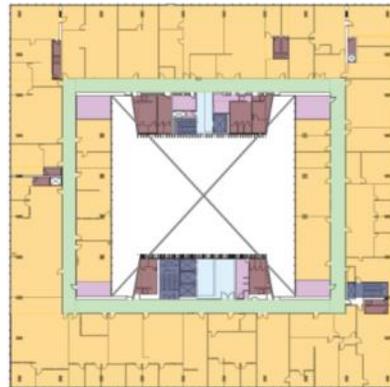




Figura 2: Plantas dos pavimentos Palácio da Justiça.
Fonte: As autoras.

O subsolo é utilizado principalmente como garagem acessada pela lateral direita do prédio, na parte posterior. Apresenta alguns cômodos que abrigam depósitos, salas técnicas, ar condicionado, setor de transporte, lixo e casa de máquinas. Uma estrutura maior é construída longitudinalmente à lateral esquerda e apresenta dois pavimentos que abriga patrimônio e almoxarifado.

A Figura 3 apresenta um quadro síntese das características arquitetônicas do Palácio da Justiça.

PALÁCIO DA JUSTIÇA/ MINISTÉRIO DA JUSTIÇA	
Tipologia: arquitetura oficial	Áreas estimadas:
Uso original/uso atual: Palácio da Justiça	1º subsolo 4134,61 m ²
Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer e equipe	Mezanino do subsolo 532,43 m ²
Época da construção: 1962 a 1972	Térreo 3739,00 m ²
Número de pavimentos: 6 , sendo 5 acima e 1 abaixo da rua	2º pavimento 3319,00 m ²
Altura da fachada: 16 metros	3º pavimento 3739,00 m ²
Largura: 85 m	4º pavimento 3042,03 m ²
Profundidade: 75 m	5º pavimento 3042,03 m ²
Cobertura: laje tipo caixão perdido com vigas invertidas	Área total construída 18.536,49 m ²
Fechamento vertical: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê, janelas de correr na vertical e portas de correr. Estrutura interna das esquadrias em barras de ferro.	
Estrutura: concreto armado.	

Figura 3: Características do Palácio da Justiça.
Fonte: As autoras.



Avaliação de eficiência energética do Palácio da Justiça:

Envoltória do Palácio da Justiça

O conjunto arquitetônico do Ministério da Justiça se insere em uma época de conceitos modernistas, assim os três edifícios que compõem o conjunto se estruturam com elementos de concreto armado, são vedados com alvenaria de tijolo e possuem aberturas com esquadrias metálicas e envidraçadas. O Palácio da Justiça (Figura 4) foi definido como “uma forma geométrica retangular e prismática, fortemente marcada pela presença da estrutura externa que caracteriza suas fachadas” (IPHAN, 2013).

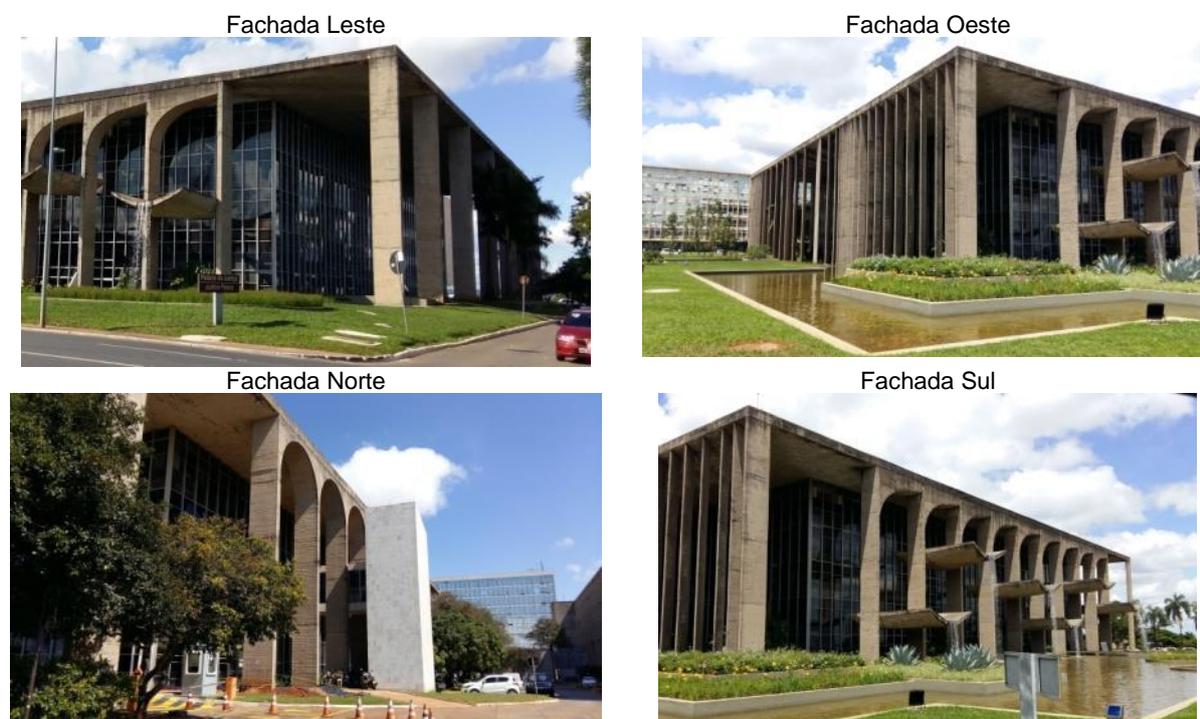


Figura 4: Fotos das fachadas do Palácio da Justiça.
Fonte: As autoras.

Em geral, no Palácio da Justiça foi utilizada a laje nervurada em concreto armado, vigas e vigas-faixa. Entre os pavimentos a laje nervurada apresenta nervuras de 50 cm de altura e a espessura da capa entre 6 cm a 7 cm (MOREIRA, 2007).

A envoltória do Palácio da Justiça possui cobertura de laje nervurada em concreto armado invertida apoiada em vigas faixas. As vigas da laje nervurada são contínuas e possuem em sua maioria largura de 15 cm e altura de 70 cm (MOREIRA, 2007). Já as fachadas são diversificadas:

[...] ostentando em cada ponto cardeal, nova aparência: na principal Sul, apresenta-se em arcada de nove arcos plenos interceptados por seis marquises, muito balanceadas, em vários níveis, sendo os extremos das arcadas ligados às fachadas adjacentes em vergas retas. Do lado Leste, extremamente aberta em pilares retangulares, muito espaçados, em oposição à do Oeste, constituída de lâminas de concreto armado, formando



'brisesoleil' em toda a sua altura e extensão. A face Norte, reproduz a principal, sem ter, contudo, as marquises. Essas quatro fachadas são envolventes do núcleo que constitui a edificação propriamente dita, sendo esta um quadrilátero perfeito. Encontra-se recuada de 7 a 11 metros de conformidade com a fachada, formando-se o que comumente designamos por 'avarandado', que resguarda das chuvas e dos rigores solares do planalto os parâmetros internos, constituídos de esquadrias de alumínio anodizado, vidro 'fumée', para descanso visual da excessiva luminosidade local. (BUZAID, 1974, p.102-103)

Na classificação do nível de eficiência da envoltória, deverão ser atendidos os requisitos de acordo com o nível de eficiência pretendido. A transmitância térmica da cobertura (U_{COB}) e a transmitância térmica das paredes externas (U_{PAR}) não devem ultrapassar certos limites de acordo com a Zona Bioclimática em que o edifício se encontra. No caso do Palácio da Justiça, o valor de U_{COB} é de $0,84 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e U_{PAR} é de $3,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, valores que estão dentro dos limites da Zona Bioclimática 4, onde se encontra.

De acordo com as cores e absorvância de superfícies nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8 devem:

- Utilizar materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,50$ do espectro solar;
- Em coberturas, utilizar cor de absorvância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

No estudo de caso do Palácio da Justiça, tanto a absorvância solar das paredes quanto da cobertura estão com valores acima do permitido, ambas com $\alpha = 0,85$.

Analisando todos os requisitos necessários para a classificação de eficiência energética da envoltória, o Palácio da Justiça obteve nível C. Os valores considerados para o cálculo do nível de eficiência energética foram inseridos na calculadora eletrônica WebPrescritivo (LABEEE, 2018) conforme ilustrado na Figura 5.

Envoltória

Localização: Zona Bioclimática **ZB 4** | Cidade **Brasília DF**

Pré-requisitos

U_{COB-AC}	0.84 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	σ_{COB}	85 %
$U_{COB-ANC}$	0 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	CT_{PAR}	0 $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$
U_{PAR}	3.19 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	σ_{PAR}	85 %
PAZ	0 %	FS	0

Calcular Eficiência | Limpar

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT}	16946.66 m^2	FA: 0.22
A_{PCOB}	3771.80 m^2	
A_{PE}	3339.32 m^2	
V_{TOT}	57010.82 m^3	FF: 0.15
A_{ENV}	8518.97 m^2	

Características das Aberturas

FS	0.28
PAF _T	89 %
PAF _O	100 %
AVS	26 °
AHS	22 °

Resultados: ■ ■ **C** ■ ■

Figura 5: Classificação do nível de eficiência energética da envoltória do Palácio da Justiça.
Fonte: As autoras.

Sistema de iluminação do Palácio da Justiça

O sistema de iluminação do Palácio de Justiça é composto por vários tipos de luminárias, lâmpadas, reatores, como ilustrado na Figura 6. A partir do levantamento de dados do sistema de iluminação durante as visitas *in loco*, foi possível analisar o sistema de iluminação por pavimento e estimar sua potência instalada. Em geral, a classificação de nível de eficiência energética do sistema de iluminação do edifício foi nível A.



Luminária circular de embutir com lâmpada fluorescente compacta



Luminária quadrada de embutir com lâmpada fluorescente tubular



Luminária retangular de embutir com duas lâmpadas fluorescente tubular



Luminária retangular de embutir com duas lâmpadas fluorescente tubular



Figura 6: Exemplos de luminárias e lâmpadas existentes no Palácio da Justiça
Fonte: As autoras.

Cada ambiente é fechado por paredes ou divisórias até o teto do edifício e possui pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Quanto à contribuição da luz natural, no Palácio há ambientes com aberturas voltadas para o ambiente externo ou átrio não coberto com luminárias com acionamento independente do restante para o aproveitamento da luz natural disponível, porém, há também ambientes que não possui isso, ou seja, atende parcialmente ao requisito.

Sistema de condicionamento de ar do Palácio da Justiça

O Palácio da Justiça possui um sistema de ar condicionado central, composto por *chiller* conectado a um sistema de distribuição de água gelada para os *fan-coils*, que são as unidades localizadas nos pavimentos do edifício e exercem função semelhante a uma evaporadora de um ar condicionado convencional. Apesar de possibilitar o atendimento de ambientes amplos, esse sistema não possui controle individual. A saída do ar condicionado nos ambientes ocorre por canaletas nas laterais das luminárias. No entanto, foi possível identificar durante as visitas técnicas, algumas saídas tampadas com fita adesiva.

Além do ar condicionado central, foi possível identificar vários modelos de ar condicionado individuais nos ambientes (split, portátil, piso e teto), como pode ser observado na Figura 7. Alguns modelos possuem etiqueta Procel C, outras A. Além disso, foi identificado janelas abertas com o ar condicionado central funcionando, ou até mesmo, a instalação do duto do ar condicionado portátil sem a correta vedação da passagem de ar para o exterior.

Faixas de saída do ar condicionado geral



Ar condicionado portátil



Ar condicionado tipo split de teto



Ar condicionado tipo split de parede



Figura 7: Sistemas de ar condicionado existentes no Palácio da Justiça
Fonte: As autoras.

Consumo energético do Palácio da Justiça

Para análise do consumo energético de um edifício, é necessário avaliar o clima da cidade, tipo de uso, rotinas de funcionamento de aparelhos que consomem energia (horário de funcionamento) e muitas outras variáveis. O Palácio da Justiça, por exemplo, tem uma queda no consumo energético nos meses de junho e julho, que são os meses mais frios do ano, ou seja, quando o sistema de ar condicionado não é tão utilizado. E como pode ser observado no gráfico da Figura 8, em agosto de 2017, o consumo energético teve uma queda brusca, pois o ar condicionado geral não estava em funcionamento nesse período.

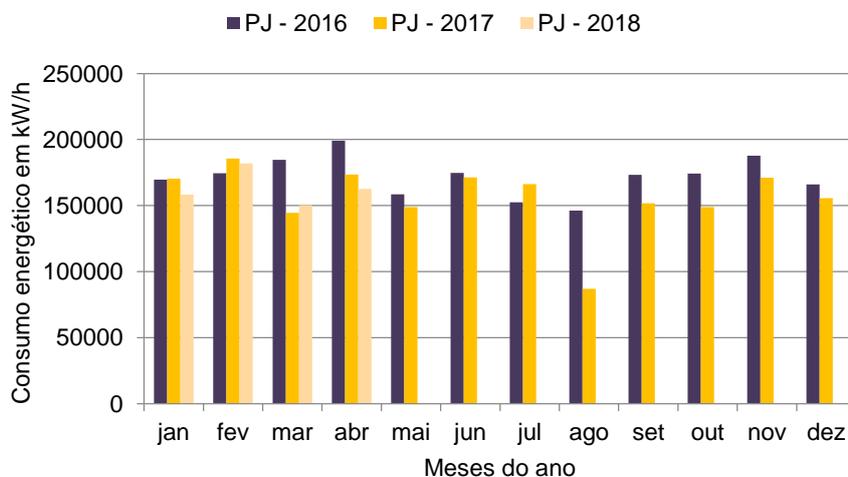


Figura 8: Consumo energético em KWh do Palácio da Justiça
Fonte: As autoras.



Em média, o consumo energético do Palácio da Justiça variou entre 140.000 KWh a 200.000 KWh ao longo do ano. O consumo energético total em 2016 foi de 2.061.378 KWh e em 2017 foi de 1.874.463 KWh. Ou seja, de modo geral, o consumo de energia vem diminuindo no Palácio da Justiça.

Estratégias de *retrofit* energético:

A seguir, são apresentadas estratégias de intervenção concentradas em cada um dos três parâmetros da eficiência energética, entre eles, iluminação, sistema de condicionamento do ar e envoltória (fachadas e cobertura).

Estratégias de intervenção na envoltória

Como as soluções de intervenções são específicas para aplicação em edifícios históricos tombados, consequentemente não se pode modificar as características físicas dessa obra, assim as estratégias para o campo da envoltória se limitam a adotar vidros adequados para as esquadrias existentes ou propor dispositivos de sombreamento interno.

O sombreamento interno é quase sempre ajustável e é tipicamente na forma de rolo, persianas ou cortinas. Entretanto, esses dispositivos não devem ser definidos como sombreamento, apenas como protetor solar de controle de iluminação, porque eles não barram a luz solar direta no vidro, só após ele. Dessa forma as camadas de vidro absorvem o calor e o inserem para dentro do ambiente (BADER, 2011 *apud* NOORA, 2012). Assim, o ideal seria uma estratégia que combine a envoltória de vidro com boas propriedades térmicas que impedem a maior entrada de calor no ambiente associado ao sombreamento interno.

Quanto às envoltórias de vidro, atualmente, o avanço da tecnologia dos materiais trouxe para o mercado uma variedade de tipos de vidros, permitindo a cada um deles vários tratamentos aplicados sobre diferentes tipos de materiais e de espessuras. Na atual concepção de eficiência energética, sistemas de janelas de alto desempenho energético (que reduzem o ganho de calor no ambiente interno) entram cada vez no âmbito das construções.

Entretanto, de acordo com Almeida (2017), não é apenas um vidro eficiente (low-E) que vai definir se uma edificação será mais eficiente energeticamente, de outra com vidro comum (temperado). Variáveis como a orientação solar, o tamanho da abertura envidraçada e o uso de persianas devem ser consideradas. Cabe ao responsável técnico decidir a melhor combinação de fatores para elaboração de soluções eficientes para reformas desses edifícios.

Estratégias de intervenção na iluminação

Em um sistema de iluminação eficiente, os principais equipamentos utilizados são as lâmpadas, os sensores de presença, o sistema de gerenciamento do consumo de energia por controle digital, os reatores e as luminárias. Além disso, as lâmpadas devem ter selo Procel Classe A e as luminárias fabricadas com tecnologia que permita a máxima reflexão da luz (CEPEL, 2014).

De acordo com o Guia “O que fazer para tornar mais eficiente o uso de energia elétrica em prédios públicos” elaborado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL, 2014),



Atualmente, as lâmpadas mais eficientes são as fluorescentes compactas e fluorescentes T5. As lâmpadas a LED são as que possuem tecnologia mais avançada e sua eficiência pode ser comparada com as lâmpadas fluorescentes compactas. Dentre outras vantagens da lâmpada a LED, pode-se citar a sua durabilidade, que é normalmente acima de 25 mil horas. Entretanto ainda é muito comum a utilização de luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 40 W nos prédios públicos que não realizaram projetos de eficiência de energia. A simples substituição de luminárias T12 e suas respectivas lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W por luminárias eficientes, com lâmpadas fluorescentes tubulares T5 ou tubulares a LED, pode proporcionar uma economia acima de 35% no consumo de energia elétrica, apresentando um serviço de iluminação do ambiente melhor que o anterior. Além disso, pode-se fazer uso de controle digital que utiliza, dentre outros dispositivos, sensores de luz que detectam o nível de iluminação, considerando a luz artificial e a natural (CEPEL, 2014).

Estratégias de intervenção no sistema de condicionamento do ar

O condicionamento de ar é um processo que tem como fim coordenar ao mesmo tempo a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente (MORAES, 2013). Este condicionamento implica em manter os valores dessas condições do ar. Enquanto o ar condicionado está relacionado com o resultado desse condicionamento.

Posto que o consumo dos aparelhos condicionadores de ar de uma edificação é bastante relevante, faz-se necessária a especificação correta do aparelho em função da carga térmica do ambiente para o uso racional da energia. Adaptando os edifícios a novas tecnologias de instalações elétricas, hidráulicas nos principais equipamentos já instalados, possibilita trazer mais eficiência aos edifícios. Contudo, se não houver controle no uso, não se alcança economia desejada (ALMEIDA, 2017).

Souza (2010) diz que a economia através da aquisição de aparelhos de ar condicionado de potências e capacidades adequadas, aliado à escolha de aparelhos mais eficientes energeticamente, proporciona impactos consideráveis na economia de energia. E tudo isso se deve a exacerbada utilização de ar condicionado nas edificações brasileiras.

Conclusão:

A avaliação de eficiência energética é importante para diagnóstico do estado atual do edifício antes ou depois da implantação de intervenções voltadas à eficiência energética e melhoria do conforto ambiental. O desafio da proposição das estratégias em edifícios tombados consiste em balancear a busca pelo melhor desempenho energético com a preservação dos valores patrimoniais.

O desempenho do Palácio da Justiça, de modo geral, não foi tão bom, pois recebeu etiqueta C para a envoltória e pode-se observar a utilização de muitas lâmpadas de consumo energético alto, além de um sistema de ar condicionado geral que não atende a todos os ambientes, necessitando assim da utilização de outros tipos de ar condicionado.

Por fim, ressalta-se que os resultados obtidos neste estudo de caso, bem como as estratégias de intervenção propostas poderão contribuir para o aprimoramento do projeto de *retrofit* energético em edificações modernas em Brasília e, por conseguinte, estimular o uso desses edifícios e a preservação do acervo arquitetônico modernista no Brasil.



Referências:

ALMEIDA, O. F. L. Análise comparativa de cargas térmicas solares em fachada envidraçada para estudo em eficiência energética. 2017. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Mestrado profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2017.

APOLONIO, R. M. *et al.* **Proposta de retrofit para um edifício histórico seguindo os princípios de sustentabilidade.** In: PLURIS 2010: The challenges of planning in a Web Wide World, 2010, Faro, Portugal. 4º Congresso Luso- Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado E Sustentável. Faro - Portugal: Universidade do Algarve, 2010.

BRASIL. **Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 2**, de 4 de junho de 2014.

_____. Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural.** Brasília, 2005.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. INMETRO. Portaria nº372 de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** Brasília, 2010a.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. INMETRO. Portaria nº50 de 2013. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público (RAC-C).** Brasília, 2010b.

BUZAID, A. **Da atuação do Ministério no Governo Médici:** Relatório de 1969 a 1974. Brasília: Ministério da Justiça, 1974.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geografica**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Guia para efficientização energética nas edificações públicas.** Coord. Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

CURY, I. (Org.). **Cartas patrimoniais.** 3ª ed. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004.

ESTEVES, A. P.; LOMARDO, L. L. B. O *retrofit* de edificações tombadas: possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB. In: 8º DOCOMOMO Cidade Moderna e Contemporânea: Síntese e Paradoxo das Artes, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009.

FCC – Fundação Catarinense de Cultura; IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. **Roteiro:** Elaboração de projeto de restauro. Florianópolis, 2005.

GOMES, A. F.; AMORIM, C. N. D. Panorama nacional das edificações públicas federais com foco em etiquetagem de eficiência energética: oportunidades e desafios. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional do Ambiente Construído (ANTAC), 2016. v. 1. p. 2028-2049.



GUIMARÃES, M. E. Uma análise para *retrofit* da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont – Rio de Janeiro. 2017. 143f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Palácio da Justiça: Inventário de Bens Arquitetônicos**. 2013.

KNOP, S. **Comportamento termoenergético de edificação histórica com novo uso na cidade de Pelotas**: o caso do casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura. 2012. 142f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **WebPrescritivo**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MENDONÇA, A. M. Caracterização do estoque de edificações históricas de uso institucional ou público localizadas em Florianópolis com relação ao consumo de eletricidade. 2014. 220 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

MORAES, C. S. Análise de medidas para efficientização e uso racional da energia elétrica em condicionadores de ar. 2013. 175 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

MOREIRA, A. L. A. A estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de estratégias para manutenção. **Dissertação** (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 164p, 2007.

NOORA, K. Comparative analysis of PV shading devices for energy performance and daylight. 2012. 114 f. **Master of Science** in sustainable architecture - Faculty of architecture and fine art, Norwegian University of Science and technology, Oslo, Noruega, 2012.

PETIT, J. **Niemeyer. Poeta da arquitetura**. Lugano: Fidia Edizioni d'Arte, 1995.

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Dados climáticos** – Estratégias bioclimáticas. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br>. Acesso: 05 nov. 2018.

ROMÉRO, M. N.; REIS, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Manole, 2012.

SOUZA, E. P. Economia de energia em ar condicionado no Brasil: eficiência e economicidade. 2010. 116 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

VIEIRA, M. L.; GOES, G. V. Projeto de Intervenção no Patrimônio Edificado: Uma Análise do Manual de Elaboração de Projetos/Programa Monumenta. *In*: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva. **Anais...** São Paulo, 2014.