



INSTITUTO FEDE
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Jessika Alves Vieira
Matrícula: 20162090040037

Nome Completo do Autor: Lizandra Veiga Silva
Matrícula: 20141090040182

Título do Trabalho: Avaliação de desempenho energético de uma edificação histórica em Goiânia

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Aparecida de Goiânia,
Local

04/01/2018.
Data

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

Fessina Alves Vieira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Rizandua de Aguiar Silva
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



ANEXO G - TERMO DE APROVAÇÃO

JESSIKA ALVES VIEIRA
LIZANDRA VEIGA SILVA

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS EM GOIÂNIA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa Eficiência energética na Engenharia Civil sob orientação da Me. Pammila Rodrigues Japiassú Corrêa.

Aprovado em 05 de dezembro de 2018.

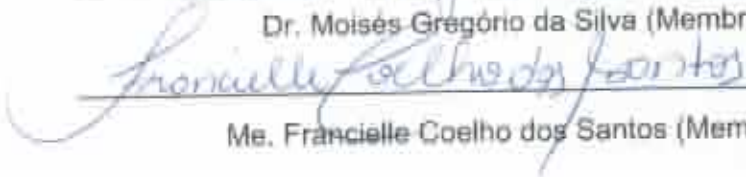
BANCA EXAMINADORA



Me. Pammila Rodrigues Japiassú Corrêa. (Presidente - orientador)



Dr. Moisés Gregório da Silva (Membro Interno)



Me. Francielle Coelho dos Santos (Membro Externo)

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA EM GOIÂNIA¹

Jessika Alves Vieira, Instituto Federal de Goiás - IFG
jessikaalvesvieira@hotmail.com

Lizandra Veiga Silva, Instituto Federal de Goiás - IFG
veigalizandra@gmail.com

Pammila Rodrigues Japiassú Corrêa, Instituto Federal de Goiás - IFG
pammilajapiassu@gmail.com

RESUMO

A identidade cultural de um povo está intimamente ligada à arquitetura histórica do local e à história de vida dos habitantes daquela região. Quando se trata de questões energéticas, no Brasil, poucos estudos abordam a temática em edificações históricas. Neste sentido, este trabalho tem como foco o estudo de uma edificação histórica da cidade de Goiânia, o Centro Cultural Marieta Telles Machado. O presente trabalho propôs avaliar o seu desempenho energético seguindo o método prescritivo disposto nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010). Para tanto, foram realizadas análises documentais, inspeção visual e medições para obtenção de propriedades térmicas dos componentes construtivos com o uso de termofluxímetro e espectrômetro. A partir da análise de dados foi possível fazer a classificação do nível de eficiência energética e propor diretrizes para o *retrofit* dos três sistemas analisados (envoltória, condicionamento de ar e sistema de iluminação) com enfoque na redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental.

Palavras-chave: Desempenho energético. Retrofit energético. Edificação histórica. Centro Cultural Marieta Telles Machado. Art Déco.

ABSTRACT

The cultural identity of a people is closely linked to the historical architecture of the place and the life history of the inhabitants of that region. When it comes to energy issues, in Brazil, few studies address the theme in historical buildings. In this sense, this work focuses on the study of a historical building of the city of Goiânia, the Cultural Center Marieta Telles Machado. The present work proposed to evaluate its energy performance following the prescriptive method established in the Technical Requirements of the Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Buildings - RTQ-C (BRASIL, 2010). For this, documentary analysis, visual inspection and measurements were performed to obtain thermal properties of the building components with the use of thermofluximeter and spectrometer. From the data analysis it was possible to classify the energy efficiency level and propose guidelines for the retrofit of the three systems analyzed (envelope, air conditioning and lighting system) focusing on reducing energy consumption and improving environmental comfort.

Keywords: Energy performance. Energy retrofit. Historical building. Cultural Center Marieta Telles Machado. Art Déco.

¹VIEIRA, J. A.; SILVA, L. V.; JAPIASSÚ, P. **Avaliação de desempenho energético de uma edificação histórica em Goiânia.** Aparecida de Goiânia: IFG, 2018.

1. INTRODUÇÃO

Desde a crise do petróleo na década de 1970, muito se discute sobre a conservação de energia. A ideia de que os recursos naturais são limitados e de que realmente há necessidade de preservação, começaram a ser levadas com maior seriedade mundialmente. O acelerado crescimento populacional e o aquecimento econômico dos países em desenvolvimento também agravaram o consumo energético. No Brasil, grande parcela desse consumo é oriundo das edificações. Diminuir o consumo energético sem comprometer o uso e o conforto ambiental da edificação é o grande desafio, ainda mais quando se trata de um edifício tombado em que o cuidado ao intervir é maior, visto a necessidade da preservação de valores históricos, artístico e culturais.

O processo de criação de diretrizes para tornar o consumo de energia mais eficiente no Brasil, se intensificou em 2001, com a promulgação da Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001).

Se tratando de eficiência energética, no Brasil, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) presta serviços na área de estudos que subsidiam o planejamento energético do país, além de elaborar o Balanço Energético Nacional (BEN). Este gera um relatório que contempla atividades de extração de recursos primários, conversão em formas secundárias, importação, exportação distribuição e uso final de energia. Em relação ao ano base de 2017, o consumo de energia elétrica se deu em vários setores, sendo que o setor residencial representou 21,5%, o comercial 14,4% e o público 6,9% e o industrial 31,8% (BEN, 2018),

Segundo Knop (2012), no Brasil, metade do consumo energético é oriundo de edificações. Grande parte deste consumo poderia ser diminuída se houvesse melhor aproveitamento da climatização natural e da iluminação. Por este motivo, normas de desempenho e regulamentos técnicos são tão importantes para tratar desses entendimentos.

Como forma de modernizar o edifício, não apenas restaurando, mas também renovando a edificação, tem-se o *retrofit*. Segundo Barrientos (2004), *retrofit* é a conjunção dos termos “retro”, oriundo do latim, que significa movimentar-se para trás, e de “fit,” do inglês, que significa adaptação, ajuste. Este se destaca pelo seu potencial sustentável e se torna uma solução prática para que edifícios tombados se adequem a novos padrões.

Segundo Appleton (2010), é necessário fazer a reabilitação energética em edifícios históricos visando à sustentabilidade dessas construções. Esta se dá pela preservação de valores culturais dos edifícios históricos, pois fazem parte da história da cidade, os quais são símbolos de desenvolvimento da população, além de preservar as características dos movimentos culturais e artísticos.

Outro fator importante é a proteção ambiental, que tem por objetivo a preservação de várias partes dos elementos construtivos, reduzindo, assim, a geração de entulho pelas demolições e a necessidade de construções. Isso reflete em menores emissões de dióxido de carbono e menor consumo de energia. Logo, no caso desses edifícios históricos a reabilitação energética deve utilizar materiais naturais (pedra, areia, cal ou areia), visando a compatibilidade construtiva dos materiais e à sustentabilidade.

A cidade de Goiânia tem como característica o estilo *Art Déco*, onde a simplicidade do estilo traz referência de elegância e modernidade. Como exemplo do estilo predominante, a edificação em análise se localiza no centro da cidade, na Praça Cívica. O emprego desse estilo buscava a aceitação política nacional e estrangeira da nova capital do estado de Goiás (UNES, 2003).

Alguns imóveis de Goiânia que aplicaram o estilo *Art Déco* em suas construções são protegidos pelo tombamento. Segundo o IPHAN (2007), o Estado é responsável pela proteção dos bens de natureza material cuja preservação seja de interesse público. Esse ato visa valorizar os edifícios históricos mantendo seu valor cultural.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho energético de uma edificação histórica em Goiânia visando contribuir com a redução do seu consumo e melhoria do conforto ambiental.

Têm-se como objetivos específicos a classificação da edificação em relação ao nível de eficiência energética de acordo com o RTQ-C (BRASIL, 2010) através do método prescritivo; a caracterização da envoltória e dos principais sistemas de condicionamento de ar e iluminação e a identificação de possíveis variáveis que influenciam no desempenho energético da edificação estudada.

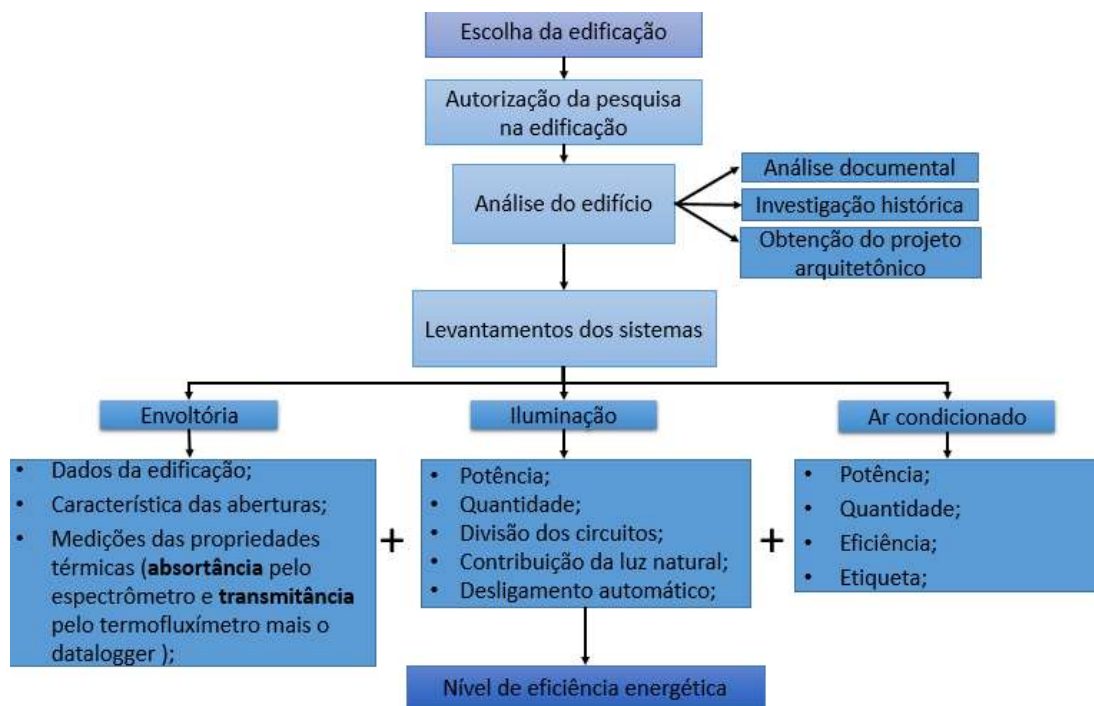
Considerando a importância histórica e cultural dessas edificações e a necessidade de realização de ações que visem sua preservação, a busca pela eficiência energética por meio do *retrofit*, apresentando estratégias que visem à adequação da edificação histórica às necessidades atuais de seus usuários com enfoque na sustentabilidade.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Gil (1999), as pesquisas podem ser agrupadas em três níveis de acordo com o seu objetivo, podendo ser: exploratórias, descritivas ou explicativas. O trabalho proposto trata-se de uma pesquisa exploratória pois teve como finalidade oferecer informações sobre um assunto específico, caracterizando-se pela investigação por meio de levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudo de caso. Quanto à forma de abordagem, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, pois obteve resultados quantificados através das medições, além de levar em consideração os aspectos culturais/históricos das construções.

O fluxograma (Figura 1) a seguir, refere-se a todas as etapas dos processos que foram abordados no trabalho.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Autoras (2018)

Para iniciar o trabalho, foi escolhido o Centro Cultural Marieta Telles Machado para estudo, assim foi concebida a autorização do responsável da edificação, realizada a análise documental, investigação histórica do edifício e ao final foi obtido o projeto arquitetônico.

Para o sistema da envoltória, foram levantados dados da edificação por meio do projeto arquitetônico e de visitas in loco para inspeção visual e realização de medições. As medições das propriedades térmicas da envoltória consistiram em determinar os valores da absorvância com uso do espectrômetro e transmitância com o uso do termofluxímetro e *datalogger*, respectivamente. Aliado ao uso desses equipamentos, foi ainda utilizada a câmera termográfica.

A obtenção do valor da absorvância térmica foi feita por meio da aplicação do equipamento ALTA II, um espectrômetro de baixo custo que mede as refletâncias correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda sendo esses definidos em sete cores visíveis e quatro invisíveis de luz infravermelha, entre 470nm e 940nm (VERNIER, 2018).

Segundo o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E, 2015), os procedimentos para utilização do ALTA II consistem em:

- a) Colocar o equipamento sobre uma amostra de referência, então é ligado e o valor mostrado na tela é denominado de voltagem do fundo. Dessa forma, foram medidas as voltagens da amostra de referência para todos os comprimentos de onda.
- b) Depois são realizadas as medições nas amostras escolhidas, mede-se a voltagem de fundo. E posteriormente mensuram-se as voltagens para cada comprimento de onda da amostra selecionada.

Conforme proposto por Dornelles e Roriz (2007), foi utilizado como amostra de referência uma folha de papel branco (papel branco Ripax, 75 g/m²), neste trabalho.

Foram determinadas as seguintes amostras que fazem parte da envoltória da biblioteca, sendo essas: pintura das paredes interna (branca e cinza) e externa (bege), esquadria de madeira e esquadria de alumínio.

As refletâncias espectrais das amostras analisadas são calculadas através da Equação 1. Para todas as voltagens obtidas pelo ALTA II em cada amostra foram realizadas 3 medições, após foi feito uma média simples para a determinação do valor.

$$\rho\lambda, amostra = \left(\frac{V\lambda, amostra - V_{f, amostra}}{V\lambda, ref - V_{f, ref}} \right) * \rho\lambda, ref \quad (1)$$

Onde:

- $\rho\lambda, amostra$ é a refletância da amostra de cada comprimento de onda (%);
- $V\lambda, amostra$ é a voltagem da amostra de cada comprimento de onda (mV);
- $V_{f, amostra}$ é a voltagem de fundo da amostra (mV);
- $V\lambda, ref$ é a voltagem da amostra de referência de cada comprimento de onda (mV);
- $V_{f, ref}$ é a voltagem de fundo da amostra de referência (mV);
- $\rho\lambda, ref$ é a refletância da amostra de referência de cada comprimento de onda (%).

Em estudo anterior, Veiga, Vieira e Japiassú (2018) avaliaram o desempenho térmico das fachadas do Centro Cultural Marieta Telles Machado por meio da técnica infravermelha. O método da técnica infravermelha consiste na captação de imagens por meio de uma câmera termográfica que detecta o calor que é denominado de energia infravermelha e transformado em sinal elétrico, gerando imagens que permitem o cálculo da temperatura. No estudo foram realizadas medições da temperatura superficiais de todas as fachadas com a câmera termográfica do modelo FLIR E40 da série Exx, no dia 14/08/2018 em três horários distintos: 7h30, 15h e 17h. Com esperado, a fachada que obteve as maiores temperaturas foi a oeste. Assim, nesta pesquisa, foi escolhido um ambiente de maior incidência solar do edifício para as realizações das medições das propriedades térmicas, o ambiente da biblioteca do pavimento superior.

Para a obtenção da transmitância térmica foi necessário o uso do termofluxímetro, que mensura o fluxo de calor que passa através de um elemento construtivo. A zona central desse equipamento é formada por vários sensores sensíveis, preparados para absorver os

gammas que atravessam sua placa (GONÇALVES, 2015).

O modelo do termofluxímetro é HFP 01, seu diâmetro consiste em 80mm e 5mm de espessura. A programação e descarga do aparelho é feita por uma entrada USB com auxílio de um computador (HUSEFLUX, 2018). Foi usado também o *datalogger* do modelo HT-500, para monitoramento e coleta de dados da temperatura do ambiente interno e umidade relativa.

Conforme descrição na norma ISO 9869 (2014), é necessário um período de medição de no mínimo 72 horas. A análise feita se deu durante cinco dias corridos de medição, dos dias 04 a 09 de outubro de 2018. A transmitância térmica se dá pela relação do módulo do fluxo de calor pela diferença entre as temperaturas (interna e externa, respectivamente).

$$U = \left(\frac{q}{T_i - T_e} \right)$$

(2)

Onde:

U é a transmitância térmica (W/m²°C);

q é o fluxo de calor (W/m²);

T_i é a temperatura interna (°C);

T_e é a temperatura externa (°C).

Os dados das temperaturas externas foram utilizados os disponíveis no site do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO). A estação meteorológica considerada foi a Estação Goiânia 2.

A placa do termofluxímetro foi fixada por meio de uma fita dupla face em cima de um durex colado na face interna da parede oeste da biblioteca, com objetivo de não danificar a pintura quando fosse retirado o equipamento. O termofluxímetro foi fixado em região de temperatura homogênea da parede, e ligado ao *datalogger*, que, por sua vez, foi conectado ao computador, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Localização dos equipamentos e imagem térmica da parede analisada



Fonte: Autoras (2018)

A partir do levantamento documental e das medições realizadas *in loco*, foi possível analisar diversos requisitos, calcular os índices necessários para avaliação de eficiência energética do edifício e seus sistemas de acordo com RTQ-C (BRASIL, 2010). Para auxiliar o cálculo da pontuação total e classificação do nível de eficiência energética foi utilizada a ferramenta webprescritivo (LABEEE, 2018). O cálculo da pontuação total é gerado a partir dos seguintes valores das porcentagens de cada sistema, sendo esses: 30% da envoltória, 30% de iluminação e 40% de ar condicionado. Já as classificações das etiquetas variam entre A sendo a mais eficiente até a E menos eficiente.

3. ESTUDO DE CASO E ASPECTOS HISTÓRICOS

Toda configuração do centro de Goiânia teve influência do plano urbanístico elaborado pelo arquiteto Atílio Corrêa Lima para a construção da nova capital do Estado de Goiás na década de 1930. Ao centro do traçado urbanístico situam-se o Palácio das Esmeraldas, sede do Governo do Estado de Goiás; além de várias repartições públicas federais, estaduais e municipais, entre elas o edifício aqui em estudo: Centro Cultural Marieta Telles Machado, antiga Secretaria Geral.

O início da construção do Centro Cultural Marieta Telles Machado (Figura 3a) foi no ano de 1933, época da fundação de Goiânia, e sua inauguração no ano de 1936 (IPHAN, 2007). Esse edifício foi utilizado no início como sede da Secretaria Estadual da Fazenda. Posteriormente, deu-se a mudança da Secretaria Estadual da Fazenda para o edifício do Centro Administrativo. Então, passou a sediar a Secretaria de Cultura, que hoje funciona como Centro Cultural Marieta Telles Machado (AZEVEDO, 2016). Conforme ilustrado na figura 3b, o edifício representado pela cor vermelha, possui sua fachada principal voltada para o centro da Praça Cívica, e planta em formato de L.

Figura 3a – Centro C. M. Telles Machado



Fonte: IPHAN (2007)

Figura 3b – Vista superior da praça cívica



Fonte: Google maps (2018)

As fachadas da edificação são unidas por colunas aparentes e detalhes de cenas regionais nos vitrais das portas principais. Constituindo uma referência vernácula, os vitrais possuem cenas de garimpo, atividades agropecuárias e até industriais (apesar de ser uma atividade praticamente inexistente para a época). Nesses edifícios foram utilizados uma combinação de cinza com ocre, policromia típica da *Art Déco* (UNES, 2003). Para a base da construção, caracterizando o estilo predominante da época, foram utilizados tijolo cozido e concreto, deixando de lado o adobe e pau-a-pique (IPHAN, 2007). Possui grande número de aberturas com muitas janelas. Essas janelas são robustas, sendo seu exterior de alumínio e internamente outra janela de madeira, como evidenciado na figura 4.

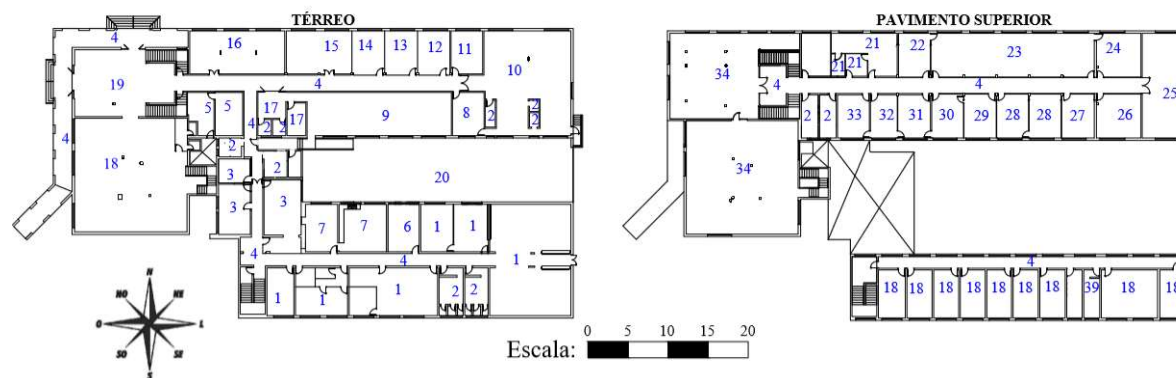
Figura 4 – Elementos construtivos e esquadrias do edifício



Fonte: Autoras (2018)

Como mostra a figura 5 a seguir, o Centro Cultural Marieta Telles Machado é composto por dois pavimentos sendo eles, o térreo e o superior.

Figura 5 – Plantas dos pavimentos do edifício



LEGENDA					
1	Biblioteca Braille	13	Núcleo de Produção Digital	25	Arquivo
2	Sanitário	14	MIS Pesquisa	26	Transp. e Serviços Gerais
3	Almoxarifado	15	MIS Acervo	27	CIPA
4	Circulação	16	Museu da Imagem e Som (MIS)	28	Licitação
5	Protocolo	17	Sala técnica áudio/vídeo	29	Planejamento
6	Copa/Cozinha	18	Biblioteca Pio Vargas	30	Setor de Empenho
7	Reserva Técnica	19	Hall	31	Contabilidade
8	Instituto Goiano do Livro	20	Área Permeável	32	Tesouraria
9	Cinema	21	FICA	33	Gerência
10	Exp. permanente do MIS	22	Folha da Pagamento	34	Biblioteca
11	Informática	23	Recursos Humanos		
12	Cine Cultura/Adm.	24	Dossiê		

Fonte: Superintendência de Preservação de Patrimônio Cultural (2018), adaptado.

No pavimento térreo destacam-se vários ambientes voltados à comunidade externa, como a biblioteca, o cinema e a exposição permanente do Museu da Imagem e Som (MIS). Já no pavimento superior predominam os ambientes administrativos do prédio.

Em relação os dados bioclimáticos, a partir da classificação Köppen-Geiger o clima de Goiânia é classificado como tropical com estação seca de inverno. Suas coordenadas são 16° 40' 43" de latitude sul e 49° 15' 14" de longitude oeste e a sua altitude é de 749 metros (GEOGRAFOS, 2018).

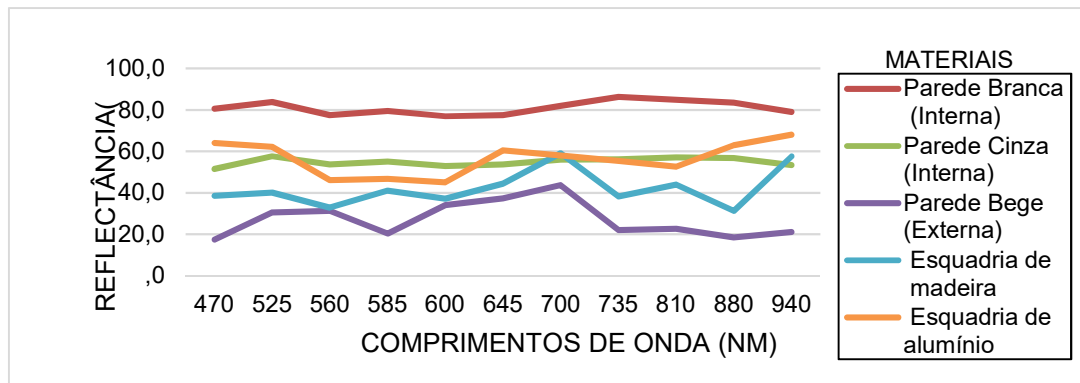
4. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO HISTÓRICO

Para a análise da eficiência energética deve-se considerar a caracterização dos sistemas de envoltória, iluminação e ar condicionado da edificação.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

Em relação a medição realizada pelo espectrômetro, com os valores da absorvância obtidos pelo ALTA II nos onze diferentes comprimentos de onda para os diferentes materiais que compõem o ambiente da biblioteca no andar superior, foi realizado os cálculos da porcentagem da reflectância de cada material e assim feito um gráfico para expressar esses valores demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Gráfico das reflectâncias dos materiais

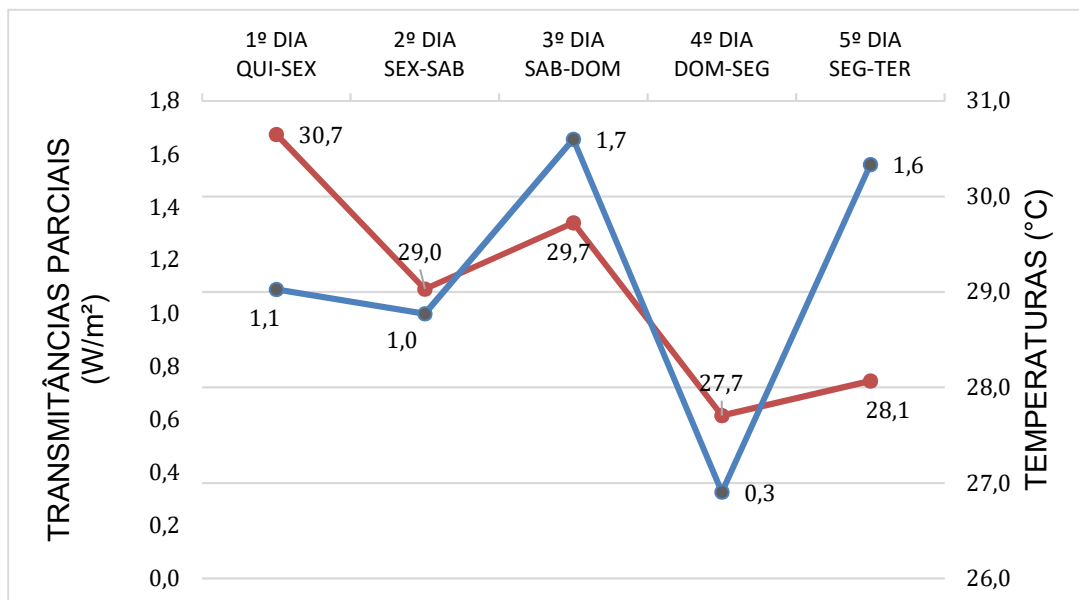


Fonte: Autoras (2018)

Para análise da transmitância térmica, primeiramente deve-se levar em consideração que o ambiente em que foi usado para análise (a biblioteca no piso superior) tinha o ar condicionado ligado durante todo o período vespertino, exceto sábado e domingo. Percebeu-se que o fluxo de calor foi aumentando gradativamente ao decorrer das horas, obviamente pela maior incidência solar ao longo do dia, observados pelos valores do fluxo de calor.

A partir das 13h diminuiu o fluxo devido ao ar condicionado. Percebemos também que nos dias de sábado e domingo, onde o funcionamento do ar condicionado era inexistente, o fluxo de calor foi muito mais intenso. O gráfico a seguir (figura 7) demonstra os valores obtidos dia a dia.

Figura 7– Transmitâncias térmicas parciais x Temperaturas internas do ambiente



Fonte: Autoras (2018)

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação do edifício é composto por alguns tipos de luminárias e lâmpadas predominantes, conforme ilustrado na figura 8. Notou-se que, em muitas salas, possuem várias luminárias, porém muitas sem uso, por terem lâmpadas queimadas. Nas salas maiores, como por exemplo a biblioteca, percebeu-se que a sala contempla 5 acionamentos distintos. Isso é positivo, pois não havendo necessidade de iluminação artificial, pode-se acionar apenas algumas fileiras de lâmpadas nos ambientes. Nas salas administrativas e

corredores são usadas lâmpadas fluorescentes, enquanto que na sala de cinema e no Museu de Imagem e Som (MIS) são usadas lâmpadas LED. O edifício tem divisão por uso iluminação e não existe circuito com a função do desligamento automático quando há a contribuição da luz natural.

Figura 8 – Tipos de luminárias existentes no edifício



Fonte: Autoras (2018)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Em relação ao sistema de condicionamento de ar, o edifício possui ar condicionado em quase todos os ambientes. Eles permanecem ligados durante todo horário comercial de segunda a sexta-feira. O modelo mais utilizado é o do tipo Split, alguns de 12000 BTU e outros de 9000 BTU presentes nas salas administrativas. O Split Piso Teto 60000 BTU também é utilizado, presente na biblioteca e sala de cinema. A figura 9 apresenta os tipos de equipamentos existentes no edifício.

Figura 9 – Tipos de condicionadores de ar existentes



Fonte: Autoras (2018)

4.4 CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

Após inserção e preenchimento de dados na calculadora eletrônica do *webprescritivo* foi obtida a etiqueta C para a envoltória, etiqueta C para o sistema de iluminação e etiqueta B para o condicionamento de ar.

A etiqueta C da envoltória (Figura 10) deve-se a grande quantidade de aberturas de vidros no edifício observado em todas as fachadas, isso acaba levando a temperatura interna dos ambientes. A etiqueta C do sistema de iluminação foi ocasionado devido ao sistema ser composto predominantemente por lâmpadas fluorescentes que gera um consumo energético mais elevado e por também não realizar a racionalização de energia através do desligamento automático quando tem a contribuição da luz natural. Já o sistema de ar condicionado obteve a etiqueta B porque a maioria dos aparelhos Split tem etiqueta A enquanto os outros do modelo Split Piso Teto apresenta etiqueta C afetando diretamente no desempenho energético.

Figura 10 – Etiqueta da envoltória

The screenshot shows the 'Envoltória' software interface. It includes sections for 'Localização' (Location), 'Pré-requisitos' (Prerequisites), 'Dados Dimensionais da Edificação' (Building Dimensional Data), and 'Características das Aberturas' (Opening Characteristics). The 'Pré-requisitos' section is checked. The 'Dados Dimensionais da Edificação' section contains fields for A_{TOT} , A_{COB} , A_{PE} , V_{TOT} , and A_{ENV} . The 'Características das Aberturas' section contains fields for FS , PAF_T , PAF_O , AVS , and AHS . A message at the bottom states: 'O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.' Below this are buttons for 'Calcular Eficiência' and 'Limpar', and a color-coded energy efficiency label 'B'.

Fonte: Autoras (2018)

Ao fazer uma análise conjunta das características da envoltória, sistema de ar condicionado e de iluminação, bem como de todos os pré-requisitos e bonificações, o edifício Centro Cultural Marieta Telles Machado obteve a etiqueta geral B ($\geq 3,5$ a $< 4,5$) com uma pontuação de 3,91.

5. DIRETRIZES PARA O RETROFIT ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO HISTÓRICO

Como forma de melhorar o desempenho energético do Centro Cultural Marieta Telles Machado são propostas estratégias de intervenção que alterem os sistemas de iluminação, ar condicionado e envoltória.

Em relação ao sistema de iluminação, o melhor aproveitamento da iluminação natural é uma boa solução, considerando que o edifício em questão é bastante arborizado em seu redor. Outras estratégias propostas para este sistema são a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas mais econômicas e eficientes, além de que é importante também utilizar de sistemas de acionamentos independentes em ambientes com muitos circuitos. Em relação ao condicionamento de ar, a substituição por equipamentos mais eficientes é uma alternativa.

Por fim, em relação à envoltória, por se tratar de um edifício histórico não é possível fazer grandes interferências em suas fachadas, uma vez que poderiam comprometer as características arquitetônicas representativas do estilo Art Decó, então a instalação de películas solares no vidro de suas esquadrias seria uma medida possível de ser implantada. No entanto, alterações na cobertura também seriam interessantes como o uso de placas solares.

6. CONCLUSÕES

Uma edificação histórica carrega em si grande valor cultural e por isso é tão importante a sua preservação e implantação de estratégias de *retrofit* que ofereçam melhorias à construção no que tange a redução do seu consumo energético e benefícios para seu conforto ambiental.

Por se tratar de uma edificação histórica e tombada, deve-se levar em consideração que esse tipo de construção tem suas limitações de intervenção, pelo fato de que não é possível fazer grandes mudanças no edifício que comprometam a preservação dos principais aspectos arquitetônicos que justificaram seu tombamento.

Com os resultados obtidos e análises feitas, foi constatado que é possível estabelecer

estratégias que tornem a edificação mais eficiente no que tange os três sistemas analisados: a envoltória, condicionamento de ar e iluminação. Através da metodologia utilizada foi possível classificar o nível de eficiência energética da edificação e identificar as possíveis variáveis que influenciam no seu desempenho energético.

Dessa forma, a implantação das estratégias de *retrofit* energético propostas poderia levar a edificação a uma classificação mais eficiente, acarretando a redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental.

REFERÊNCIAS

APPLETON, J. Reabilitação de edifícios antigos e sustentabilidade. In: Encontro Nacional de Estudante de Engenharia Civil, 6., 2010, Évora. **Anais...** Évora: 2010, p.3-9.

AZEVEDO, R.S. **Espaço de memória: Requalificação da praça Cívica**. Goiânia: UFG, 2016, 76 p. Disponível em :<https://www.cienciassociais.ufg.br/up/106/o/TCC_Reginaldo_Museologia_UFG_2016.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004, 189 p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. **Lex**: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <<http://www.dataprev.gov.br>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. **Lex**: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 05 nov. 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). **Guia de medição e cálculo para refletância e absortância sola em superfícies opacas**. 1 ed. Santa Catarina: UFSC, 2015, p.13-14.

DORNELLES, K.A. e RORIZ, M. Métodos alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2007. **Anais...** Porto Alegre: 2007, p. 7-8.

GEOGRAFOS. **Goiânia, Goiás - GO**. Disponível em: <www.geografos.com.br>. Acesso em: 27 mai. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999, p. 49-59.

GONÇALVES, A.M.G. **Avaliação in situ do desempenho térmico de soluções construtivas**. Coimbra: FCTUC, 2015, p.34-39. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

HUKSEFLUX. **Radiação Solar / Fluxo de Calor / Condutividade Térmica**. Disponível: <http://www.jytech.com/pdf/HF/LP02-LI19_v1302.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.
INSTRUTHERM. **Catálogos e ferramentas**. Disponível em: <<http://catalogo.tecnoferramentas.com.br>>. Acesso em: 09 out. 2018

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9869**: Thermal insulation–building elements–in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. 2014.

KNOP, S. **Comportamento termo energético de edificação histórica com novo uso na cidade de pelotas: O caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura**. Pelotas: UFP, 2012, p.1-143. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2012.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **WebPrescritivo**. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html> >. Acesso em: 2 nov. 2018.

IPHAN. **Goiânia art déco acervo arquitetônico e urbanístico dossiê de tombamento**. São Paulo: Casa Brasil, 2007, p. 30-187.

REGMED. **Registrador de temperatura e umidade relativa “datallogger”**. Disponível: <<http://www.regmed.com.br/HT-500.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SANTOS, I. *et al.* Absortância solar de superfícies e o regulamento brasileiro para eficiência energética de edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. **Anais...** Rio Grande do Sul: 2010, 2 p.

SILVA, L.V; VIEIRA, J.A; JAPIASSÚ, P. **Avaliação de desempenho térmico da envoltória de edificações históricas em Goiânia**. Góias: IFG, 2018, p.2-10. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, Instituto Federal de Goiás de Aparecida de Goiânia, Aparecida de Goiânia, 2018.

SIMEHGO. **Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás**. Disponível em: <http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede_obs/consulta_dados3.pl?Funcao=0.>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

UNES, W. **Identidade art déco de Goiânia**. 1. ed. São Paulo: Atelie Editorial, 2003, p. 14-184.

VERNIER. **Alta || Reflectance Spectrometer**. Disponível em: <<https://www.vernier.com/products/sensors/Spectrometers/Alta/>>. Acesso em: 10 out. 2018.