ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO-PR: PARÂMETROS DO PROGRAMA NACIONAL DE ETIQUETAGEM (RTQ-C)

ARTIGO ORIGINAL

CARVALHO, Fanny Islana de Lima¹, HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues², LERCO, Felipe Matos dos Santos³

CARVALHO, Fanny Islana de Lima. HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues. LERCO, Felipe Matos dos Santos. **Análise da eficiência energética da biblioteca municipal de Campo Mourão-PR: parâmetros do programa nacional de etiquetagem (RTQ-C).** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 06, Ed. 10, Vol. 05, pp. 43-62. Outubro 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/biblioteca-municipal>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/biblioteca-municipal

RESUMO

O setor da construção civil, responsável por impactos ambientais como geração de resíduos, consumo de água e energia, tem como desafio atual trazer a eficiência energética para dentro do canteiro de obras e ambiente pós construído. Desse modo, em relação ao consumo de energia, o INMETRO desenvolveu um programa de etiquetagem visando classificar a eficiência energética de equipamentos elétricos e também edificações. Verifica-se que os edifícios públicos são obrigados a obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Diante do exposto, indaga-se como medir a eficiência energética de edifícios públicos, tornando-os adequados energeticamente, e assim atender as necessidades do usuário, proporcionando

¹ Bacharel em Arquitetura e Urbanismo. ORCID: 0000-0002-1871-2618.

² Bacharel em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0002-2809-6601.

³ Doutorado em Ciências Agrônômicas. ORCID: 0000-0001-6964-7572.

conforto ambiental e economia. O objetivo do trabalho foi simular a obtenção da etiqueta ENCE Geral e apresentar qual o nível de eficiência energética da Biblioteca Municipal de Campo Mourão-PR. Utilizou-se o Método Prescritivo, estabelecido pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Foram analisados três sistemas da edificação: Envolória, Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de Ar. Como resultado, o edifício em estudo apresentou classificação nível C de eficiência, numa escala de A - E, sendo A muito eficiente, e E pouco eficiente. Conclui-se que a edificação não proporciona conforto aos usuários, além de alto consumo de energia. Porém, é possível adotar medidas que podem auxiliar a otimização do nível de eficiência energética no local.

Palavras-chave: Envolória, Sistema de Iluminação, Condicionamento de Ar, Método Prescritivo, Classificação Total.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação de países desenvolvidos com a conservação ambiental resultou em conferências internacionais, buscando alternativas econômicas. (DEBATES INTERDISCIPLINARES VII, 2016). Exemplos dessas conferências são Protocolo de Kyoto e a Convenção de Estocolmo. No cenário nacional, a partir de 2014 os prédios públicos passaram a ser obrigados a apresentar etiqueta de eficiência energética (ENCE), conforme publicado no Diário Oficial da União pela Secretaria de Logística e Tecnologia da normativa IN02/2014 (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO/BR, 2014). Diante do exposto, surgiu a indagação sobre como é possível medir a eficiência energética de uma edificação pública, garantindo conforto e economia aos usuários.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), juntamente com o PBE Edifica surgiu a partir de discussões iniciadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O objetivo deste programa é conscientizar o consumidor através de informações sobre o funcionamento de equipamentos e o seu consumo

energético (CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENERGIA ELÉTRICA, 2019). Tal programa desenvolveu o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O sistema de etiquetagem mede o nível de eficiência energética em uma escala de “A – E”, sendo “A” mais eficiente, e “E” menos eficiente. O RTQ-C avalia edificações através de dois métodos: Método de Simulação (realizado por softwares) e Método Prescritivo (feito através de equações).

Há quatro tipos de etiquetas, sendo elas: ENCE Geral (leva em consideração três sistemas da edificação – envoltória, iluminação e condicionamento de ar); ENCE Parcial (avalia de forma independente cada sistema); ENCE Simulação (obtida ainda durante a fase de projeto); e ENCE Edificação Construída (podendo ser solicitada após a obtenção do alvará da obra ou comprovada ligações de energia elétrica e gás pelas concessionárias).

Este artigo objetivou identificar o nível de Eficiência Energética da Biblioteca Municipal simulando a obtenção da ENCE Geral. A análise foi desenvolvida em concordância com o Manual para Aplicação do RTQ-C versão 4, de 2017. Para atingir o objetivo geral, o presente trabalho se desenvolveu a partir dos seguintes objetivos específicos: Observar os pré-requisitos exigidos pelo Manual para Aplicação do RTQ-C; levantar dados in loco e processar informações do projeto arquitetônico; calcular e determinar o nível de eficiência energética para os três sistemas da edificação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

A atual Biblioteca Municipal Professor Egydio Martello localiza-se na área central de Campo Mourão-PR. A cidade possui aproximadamente 96.102 habitantes (IBGE,

2020). Campo Mourão é polo da COMCAM (Comunidade dos Municípios da Região de Campo Mourão), a qual representa vinte e cinco municípios, desta maneira, a cidade oferece suporte para a sua microrregião por meio de assistência médica, educação, indústria entre outras áreas.

Figura 01. Localização da Biblioteca Municipal.

Fonte: Jairo Jerônimo de Campos Filho (2021).

O prédio em estudo apresenta grande relevância histórica no contexto do desenvolvimento do município, uma vez que este originalmente foi projetado para ser o Terminal Rodoviário. Posteriormente, a edificação foi adaptada para abrigar a biblioteca, a qual inaugurou em 30 de dezembro de 2004.

Figura 02. Antiga Rodoviária de Campo Mourão (A), atual Biblioteca Municipal (B), Fachada Principal Biblioteca Municipal (C).

Fonte: (A) Acervo pessoal de Jair Elias dos Santos Júnior (1969) e (B, C) acervo da Biblioteca Municipal Professor Egydio Martello (2007).

Além de um vasto acervo, espaço de exposições artísticas, ludoteca, e áreas de estudo, a biblioteca também abriga a Academia Mourãoense de Letras. Trata-se de uma edificação linear, com dois pavimentos, em estrutura de concreto armado, com uma área total construída de 1772.92 m², conforme o layout da Biblioteca na Figura 03. Grande parte da sua envoltória é composta por cortinas de vidro translúcido, o que favorece o aquecimento indesejado dos espaços internos. É importante ressaltar que sua fachada principal está voltada à direção nordeste, portanto, recebe alta incidência de radiação solar no período do verão.

Figura 03. Layout Biblioteca Pavimento Térreo (A), Escritórios Pavimento Térreo (B), Biblioteca Pavimento Superior (C).

Fonte: Adaptado do Projeto Arquitetônico original (2003).

2.2 MÉTODOS

O método adotado para o presente estudo é o método prescritivo, o qual se aplica somente para edifícios condicionados e avalia a eficiência energética por meio de equações, de acordo com a Zona Bioclimática e a área total da edificação. Com o intuito de obter pontuação para a etiqueta da categoria ENCE Geral, foram analisados três sistemas: Envoltória, Sistema de Iluminação e Condicionamento de

Ar. Tal metodologia exige avaliação de pré-requisitos gerais e específicos de cada sistema, os quais serão discutidos a seguir.

2.2.1 PRÉ-REQUISITOS GERAIS

Para os níveis A, B e C, existem dois pré-requisitos gerais. O não cumprimento dos mesmos impactam na pontuação final da edificação.

- A edificação deve possuir um circuito elétrico distinto para cada uso, seja ele equipamentos de ar condicionado, lâmpadas ou outros. Porém, o Manual para Aplicação do RTQ-C (2017) estabelece que este item não se faz obrigatório para edificações construídas antes de 2009, portanto, o prédio em estudo está isento do mesmo.
- Aquecimento de Água: Este pré-requisito se aplica apenas em edifícios comerciais ou de serviço, onde o consumo de água quente é maior que 10% da demanda total de energia. No caso do objeto de estudo, não há instalação de aquecedores de água, portanto, este item não se aplica.

2.2.2 EQUAÇÕES PARA PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

No processo de classificação individual dos sistemas, assim como para a classificação geral da eficiência foram utilizadas as equações de acordo com o Quadro 01.

Quadro 01. Quadro Geral de Equações.

NOME	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS
Equação 01	$\text{IC env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_{\text{total}} + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_{\text{total}}.AHS + 277,98$	<p>IC env: Indicador de Consumo da Envolvória.</p> <p>Ape: Área de projeção do edifício (m²);</p> <p>Ato_t: Área total construída (m²);</p> <p>Aenv: Área da envoltória (m²);</p> <p>Apcob: Área de projeção da cobertura (m²);</p> <p>AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento</p> <p>AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento</p> <p>FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot);</p> <p>FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot);</p> <p>FS: Fator Solar;</p> <p>PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total: média do percentual de aberturas existentes;</p>

Equação 05	$PT = 0,3 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,3 \cdot (EqNumDPI) + 0,4 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$	EqNumEnv : Equivalente Numérico Envoltória AC : Área Condicionada AU : Área útil APT : Área de permanência Transitória ANC : Área não condicionada EqNumV : Equivalente Numérico Área Ventilada EqNumDPI : Equivalente Numérico Densidade de Potência Instalada EqNumCa : Equivalente Numérico Condicionamento de Ar b : Bonificações
		Vto_t : Volume total da edificação (m ³);
Equação 02	$i = \frac{IC_{máx} - IC_{mín}}{4}$	i : Intervalo IC_{máx} : Indicador de Consumo máximo IC_{mín} : Indicador de Consumo Mínimo
Equação 03	$P_{lim} = A^2 \cdot DPIL$	Plim : Potência Limite A : Área iluminada DPIL : Densidade de Potência Instalada Limite
Equação 04	$EqNumCA = \sum_{n=1}^x \left[EqNumCA_n \frac{Capn}{Capt} \right]$	EqNumCA : Equivalente Numérico de Condicionamento de Ar Capn : Capacidade de cada sistema Capt : Capacidade total dos sistemas x : Quantidade de sistemas

Fonte: Adaptado do Manual para Aplicação para RTQ-C (2017).

2.2.3 ENVOLTÓRIA

Para atendimento dos pré-requisitos específicos do sistema da envoltória deve-se observar os valores das variáveis descritas no Quadro 02.

Quadro 02. Pré-requisitos Específicos para Envoltória – Zona 3.

Nível	Transmitância Térmica (U)		Cores e Absortância Térmica (α)		Iluminação Zenital
	Cobertura		Parede	Cobertura	Parede
-	Ambiente Condicionado	Ambiente não condicionado	-	-	
A	1.0 W/m ² K	2.0 W/m ² K	3.7 W/m ² k	< 0.50	< 0.50
B	1.5 W/m ² k	2.0 W/m ² K	3.7 W/m ² k	< 0.50	N/A
C	2.0 W/m ² K		3.7 W/m ² k	N/A	
D			> 3.7 W/m ² K		
E	> 2.0 W/m ² K		> 3.7 W/m ² K		

Fonte: Adaptado do Manual para Aplicação do RTQ-C (2017).

A ABNT NBR 15220-2 (2008) estabelece parâmetros para o desempenho térmico de edificações. Após verificar o atendimento dos valores acima em conformidade com a norma, é necessário observar a Zona Bioclimática na qual o objeto de estudo está inserido. De acordo com o Anexo 1 do Manual para Aplicação do RTQ-C (2017), a cidade de Campo Mourão está na Zona Bioclimática 3, conforme mostra a Figura 04.

Figura 04. Zoneamento Bioclimático do Brasil.

Fonte: Bioclimatismo (2021).

Para o procedimento de cálculo, foram necessárias as informações extraídas do projeto arquitetônico e as variáveis conforme o Quadro 01.

Considerando que o Manual especifica equações distintas de acordo com a área do objeto de estudo, para áreas maiores que 500 m² a Equação 01 se enquadra na edificação.

Logo após, determinou-se o IC mínimo e IC máximo através da mesma equação, porém com os valores de entrada conforme o Quadro 03.

Quadro 03. Parâmetros do IC máximo e IC mínimo.

	PAF_T	FS	AVS	AHS
IC máximo	0,60	0,61	0	0
IC mínimo	0,05	0,87	0	0

Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C (2017).

Logo, o intervalo (i) de IC máximo e IC mínimo foi calculado pela Equação 02. Com o valor de (i), definiu-se o Quadro 04:

Quadro 04. Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Mín.	N/A	IC máx – 3i + 0,01	IC máx – 2i + 0,01	IC máx – i + 0,01	IC máx + 0,01
Lim. Máx.	IC máx – 3i	IC máx -2i	IC máx – i	IC máx	N/A

Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C (2017).

Por fim, a partir dos valores do Quadro 04, comparou-se o valor de IC envoltória com os limites IC máximo e IC mínimo para identificar o nível de eficiência.

2.2.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O atendimento dos pré-requisitos específicos para o sistema de iluminação está descrito no Quadro 05.

Quadro 05. Pré-requisitos para iluminação.

Pré-Requisito	Nível A	Nível B	Nível C	Situação
1. Divisão dos circuitos	Exigido	Exigido	Exigido	Isento
2. Contribuição da luz natural	Exigido	Exigido	N/A	Não atende
3. Desligamento automático do sistema de iluminação	Exigido	N/A	N/A	Não atende

Fonte: Adaptado do Manual para Aplicação do RTQ-C (2017).

O prédio em estudo está isento do pré-requisito número 1, e não atende os demais pré-requisitos, desta forma, o nível do sistema de iluminação automaticamente apenas pode ter como classificação máxima o nível C. Porém, sua classificação final está subordinada aos cálculos de Densidade de Potência Instalada Limite.

Há dois métodos para o procedimento de cálculo da eficiência do sistema de iluminação:

- Método das Áreas: Avalia de forma conjunta os ambientes (para edificações com 3 atividades principais, ou atividades que ocupam mais de 30% da área edificada).
- Método das Atividades: Avalia de forma individual cada atividade.

Visto que a Biblioteca Municipal abriga 3 atividades principais, e que ocupam mais de 30% da área total, optou-se pelo Método das Áreas. O procedimento de cálculo se deu a partir das seguintes etapas:

a) Foram identificadas as atividades principais de acordo com a Tabela de Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação, do Manual para Aplicação do RTQ-C (2017). Para atividades não descritas, optou-se por uma atividade equivalente.

- b) Foi identificada a área de cada atividade, em metros quadrados.
- c) Em seguida, definiu-se a potência limite para cada atividade, multiplicando a área iluminada pela DPIL fornecida na mesma Tabela do Manual, conforme a Equação 03. A partir da potência limite para cada atividade, a soma das potências determinou a potência limite do edifício.
- d) Por fim, comparou-se a potência total instalada no edifício com a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação através do Equivalente Numérico fornecido no Quadro 06.

Quadro 06. Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência.

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Manual para Aplicação do RTQ-C (2017).

2.2.5 CONDICIONAMENTO DE AR

Os equipamentos de ar-condicionado instalados na Biblioteca Municipal são certificados pelo INMETRO, sendo assim, utilizou-se as informações técnicas fornecidas pelo próprio instituto e pelos fabricantes. O procedimento para determinação da eficiência do sistema foi segregado em etapas:

- a) Observou-se a eficiência de cada sistema através da etiqueta no equipamento.

RC: 99090

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/biblioteca-municipal>

- b) Determinou-se o Coeficiente de Ponderação por meio da razão entre a potência de cada unidade e a soma das potências de todas as unidades.
- c) A partir do Coeficiente de Ponderação multiplicado pelo Equivalente Numérico conforme Quadro 06, obteve-se o Resultado Ponderado.
- d) A somatória dos Resultados Ponderados de cada unidade determinou a eficiência total, conforme expressada na Equação 04.

Por existirem eficiências distintas, o sistema de Condicionamento de Ar deve ter seu Equivalente Numérico de acordo com o Quadro 07:

Quadro 07. Equivalente Numérico para Sistemas de Condicionamento de Ar e Pontuação Geral.

A	> 4,5 a 5
B	> 3,5 a < 4,5
C	> 2,5 a < 3,5
D	> 1,5 a < 2,5
E	<1,5

Fonte: Manual para Aplicação do RTQ-C (2017).

2.2.6 PONTUAÇÃO TOTAL

A determinação do nível de eficiência total do edifício é expressa através da Equação 05, a qual atribui pesos para cada sistema: 30% para envoltória, 30% para sistema de iluminação e 40% para sistema de condicionamento de ar. A partir do

resultado da equação, é necessário converter o valor numérico determinado para cada nível, como mostra o Quadro 07.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ENVOLTÓRIA

Para analisar a envoltória, observou-se primeiramente, o cumprimento dos pré-requisitos específicos para este sistema. O Quadro 08 demonstra a pontuação para cada pré-requisito.

Quadro 08. Atendimento dos Pré-requisitos Específicos.

Nível	Transmitância Térmica (U)		Cores e Absortância Térmica (α)	
	Cobertura	Parede	Cobertura	Parede
	Telha fibrociment o 0.7 cm $U = 1.75 \text{ Wm}^{-2}\text{K}$	Tijolo 6 furos circulares, assentados na maior dimensão. $U = 1.88 \text{ Wm}^{-2}\text{K}$	Telha fibrociment o 0.7 cm $\alpha = 0.30$	Vidro Incolor $\alpha = 0.25$
	C	A	A	A

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, determinou-se o Indicador de Consumo (IC) conforme a Equação 01. O Quadro 09 indica os valores para cada variável, obtidos a partir do projeto arquitetônico.

Quadro 09. Variáveis de Projeto.

Variáveis de Projeto	Valores
Ape: Área de projeção do edifício (m^2);	799.97 m^2
Atot: Área total construída (m^2);	1599.95 m^2
Aenv: Área da envoltória (m^2);	2641.75 m^2
Apcob: Área de projeção da cobertura (m^2);	1280.13 m^2
AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento	0*
AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;	0*
FF: Fator de Forma, ($Aenv/V_{tot}$);	0.401
FA: Fator Altura, ($Apcob/Atot$);	0.194
FS: Fator Solar;	0.27
PAFT: Percentual de Abertura na Fachada total: média do percentual de aberturas existentes;	34.76%
Vtot: Volume total da edificação (m^3);	6575.15 m^3

Fonte: Autoria própria.

* Valores nulos, pois a edificação não apresenta beirais, tampouco elementos verticais de proteção solar.

Para determinar o Fator Solar, utilizou-se o vidro padrão comercial para edifícios Cool Lite 114 PN 8 mm, conforme especificado no Catálogo de Propriedades Térmicas e Óticas de Vidros Comercializados no Brasil. Após o cálculo, obteve-se como resultado o Indicador de Consumo da Envoltória (IC) igual a 159.373.

Em seguida, calculou-se o IC máximo (IC_{max}) e IC mínimo (IC_{min}), utilizando também a Equação 01, porém substituindo pelos valores descritos no Quadro 04. Como resultado, concluiu-se que IC_{max} é igual a 173,852 e IC_{min} é igual a 147.165.

Para calcular o Intervalo (i) IC_{max} e IC_{min} aplicou-se a Equação 02, onde o resultado obtido foi 6.671.

A partir do resultado de (i), substituiu-se os valores de (i) do Quadro 05 por 6.671, resultando no Quadro 10, o qual apresenta os limites mínimos e máximos para cada nível de eficiência.

RC: 99090

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/biblioteca-municipal>

Quadro 10. Valores de IC_{env} máximo e mínimo para cada nível.

Mínimo	A	B	C	D	E
	N/A	$IC_{máx} - 3i + 0,01$	$IC_{máx} - 2i + 0,01$	$IC_{máx} - i + 0,01$	$IC_{máx} + 0,01$
		$173,852 - 3(6,671) + 0,01$	$173,852 - 2(6,671) + 0,01$	$173,852 - 6,671 + 0,01$	$173,852 + 0,01$
		$173,852 - 20,013 + 0,01$	$173,852 - 13,342 + 0,01$		
		*153,849	160,52	167,191	173,862
Máximo	A	B	C	D	E
	$IC_{máx} - 3i$	$IC_{máx} - 2i$	$IC_{máx} - i$	$IC_{máx}$	N/A
	$173,852 - 3(6,671)$	$173,852 - 2(6,671)$	$173,852 - 6,671$		
	$173,852 - 20,013$	$173,852 - 13,342$			
	153,839	*160,51	167,181	173,852	

Fonte: Autoria própria.

* Valor real do IC_{env} da Biblioteca com os limites encontrados, em que o nível de eficiência da Envoltória é B ($160,51 < 159,373 > 153,849$).

3.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para determinar o nível de eficiência do Sistema de Iluminação utilizando o Método das Áreas, foram identificadas as atividades desenvolvidas em cada espaço da Biblioteca. O atendimento dos pré-requisitos foi observado individualmente para cada ambiente, por fim, a análise do sistema como um todo foi realizada através da soma das DPIL de todos os ambientes. O procedimento de cálculo se deu a partir das informações contidas no Quadro 11.

Quadro 11. Classificação do Sistema de Iluminação.

Atividade		Biblioteca 1º Pavimento	Biblioteca 2º Pavimento	Escritório	Total Edifício*
Área Iluminada (m²)		559.6	282.48	359.63	1201.71
DPIL RTQ-C	A	12.7		9.7	N/A
	B	14.6		11.2	
	C	16.5		12.6	
	D	18.4		14.1	
Lâmpadas	40 W	90 units	104 units	146 units	340
	18 W	142 units	0	0	142
Potência Instalada (W)		6156	4160	5840	16156
Potência Limite (W)	A	7106.92	3587.49	3488.41	14182.82
	B	8170.16	4124.2	4027.85	16322.21
	C	9233.4	4660.92	4531.33	18425.65
	D	10296.64	5197.63	5070.78	20565.05
Classificação Edifício	Nível B				

Fonte: Autoria própria.

* A Área Iluminada Total do Edifício em metros quadrados representa apenas as áreas de permanência prolongada, ou seja, não inclui as áreas secundárias como, banheiros, copa, circulação e outros. Uma vez que as equações descritas no Manual para Aplicação do RTQ-C já preveem uma margem considerando essas áreas secundárias.

Conforme os cálculos da DPIL de cada ambiente conforme a Equação 03, o Sistema de Iluminação se classifica como nível B. Porém, considerando-se que o prédio em estudo não atende os pré-requisitos conforme o Quadro 05, a pontuação final do Sistema de Iluminação cai para Nível C.

3.3 CONDICIONAMENTO DE AR

Para determinar a eficiência do sistema de Condicionamento de Ar, foram realizados os cálculos conforme a metodologia, e considerando que todos os equipamentos de

RC: 99090

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/biblioteca-municipal>

ar-condicionado da Biblioteca são do tipo Split Teto, obteve-se os seguintes resultados conforme demonstrado no Quadro 12.

Quadro 12. Classificação do Sistema de Condicionamento de Ar.

Ambiente	Biblioteca 1º Pavimento	Biblioteca 2º Pavimento		Escritório		
Fabricante	ELGIN	ELGIN	GREE	RHEEM	KOMECO	AUSTIN
Quantidade	3	2	2	2	1	1
Potência (Btu/h)	60000	60000	9000	20000	57000	60000
Classificação Energética	C	C	A	D	D	D
Equivalente Numérico	3	3	5	2	2	2
Coefficiente de Ponderação	0.22	0.22	0.03	0.07	0.21	0.22
Resultado Ponderado	0.66	0.66	0.15	0.14	0.42	0.66

Fonte: Autoria própria. A partir da aplicação da Equação 04, o resultado obtido foi 2.69, o qual, de acordo com a Quadro 07, equivale ao nível C de eficiência.

3.4 PONTUAÇÃO TOTAL (PT)

Para definir o nível de eficiência energética geral do edifício, os resultados de cada sistema individual foram sintetizados na Equação 05. O Quadro 13 apresenta os valores para cada variável utilizada.

Quadro 13. Variáveis da Equação 05.

EqNumEnv	4
AC	1201,71 m ²
AU	1592,73 m ²
APT	182,86 m ²
ANC	N/A*
EqNumV	N/A*
EqNumDPI	4
EqNumCA	3
B	N/A*

Fonte: Autoria própria.

* Variáveis não se aplicam para ambientes condicionados.

O resultado de PT foi 3.111, enquadrando-se no nível C de eficiência energética.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a Biblioteca Municipal de Campo Mourão não apresenta resultados satisfatórios de eficiência energética. Para otimizar sua eficiência, sugere-se:

- Intervenção na Envoltória com instalação de elementos de proteção solar, tais como beirais horizontais e verticais, brises, cobogós, entre outros.
- Em relação ao Sistema de Iluminação, recomenda-se a divisão dos circuitos, de maneira que possibilite o desligamento das lâmpadas próximas às janelas para o aproveitamento da luz natural.
- Quanto ao Sistema de Condicionamento de Ar, é importante substituir os atuais equipamentos que não possuem eficiência A, uma vez que 36% dos equipamentos apresentam classificação D.

- Além dessas medidas, também se recomenda a substituição das telhas de fibrocimento por telhas termoacústicas.
- Para tornar a edificação mais sustentável, aconselha-se a instalação de placas fotovoltaicas para geração de energia solar, uma vez que o investimento inicial é compensado em curto prazo, proporcionando economia, baixa manutenção e funcionalidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** 2008.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (Brasil). **Governo torna obrigatório que edifícios públicos federais tenham energia eficientes.** Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/governo-torna-obrigatorio-que-edificios-publicos-federais-sejam-energeticamente-eficientes/#comments>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENERGIA ELÉTRICA. **PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM: Breve Panorama.** Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. 5 p. Disponível em: <https://www.lunasat.top/ceel/evento/artigos/#2019>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Catálogo de Propriedades Térmicas e Óticas de Vidros Comercializados No Brasil.** Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. Disponível em: https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/catalogo-propriedades-vidros-comercializados-brasil-13032015_v2.pdf. Acesso em: 28 jul. 2021.

DOS SANTOS JUNIOR, J.E. **Antiga Rodoviária de Campo Mourão-PR.** 1969. Fotografia.

FILHO, Jairo Jerônimo De Campos. **Mapa Localização Biblioteca.** Campo Mourão: 2021. Mapa em escala gráfica. Software QGIS V. 3.2.

Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica. **Manual para aplicação do RTQ-C.** 4 ed. Brasil, 2017.

HARADA, Magali. **Bioclimatismo:** Blog de Arquitetura Bioclimática. Disponível em: <http://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>. Acesso em: 05 jun. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020.** Rio de Janeiro. 2021.

DEBATES INTERDISCIPLINARES VII. **O Papel das Conferências Internacionais Sobre o Meio Ambiente Para o Desenvolvimento dos Regimes Internacionais Ambientais:** De Estocolmo A Rio +20. Palhoça, Sc: Unisul, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Baltazar-Andrade-Guerra/publication/301626018_Debates_Interdisciplinares_VII/links/571e496f08aeaced7889df5e/Debates-Interdisciplinares-VII.pdf#page=168. Acesso em: 20 ago. 2021.

Enviado: Agosto, 2021.

Aprovado: Outubro, 2021.