DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA

Energetic Efficiency Diagnosis in a University Library

CASTRO, ADRIANA PETITO DE ALMEIDA SILVA
Unimep – Universidade Metodista de Piracicaba

BARROS, ISABELLA PEREZ DE SOUZA
Unimep – Universidade Metodista de Piracicaba

Resumo: A recorrência de temas relacionados à preservação dos recursos naturais, à sustentabilidade e ao consumo de energia, no âmbito da arquitetura e da engenharia civil, despertou a necessidade de se buscar técnicas e inovações que fossem ao encontro dessas carências. Uma ferramenta que merece atenção para a diminuição do consumo de energia é a Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações, desenvolvida por meio da parceria entre a Eletrobrás e o Inmetro, que apesar do início voluntário, apresenta iminente caráter obrigatório para edificações em todo o território nacional. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) tem como finalidade o combate ao desperdício de energia, bem como o incentivo ao uso racional da energia nas edificações. O objetivo deste trabalho é propor a etiqueta de eficiência energética para a Biblioteca da Universidade Metodista de Piracicaba, por meio do diagnóstico dos três quesitos: envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar. A pesquisa é pautada no método prescritivo do Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos (2013). A metodologia inclui um levantamento físico-visual dos ambientes, verificação dos materiais da envoltória, cálculo de densidade de potência instalada e verificação de uso do sistema de condicionamento de ar. A partir dos resultados, propõe-se a classificação da edificação quanto à eficiência energética. O edifício recebeu nível **E** para a envoltória, **C** para o sistema de iluminação, **E** para o condicionamento de ar e **D** na classificação geral.

Palavras-chave: Etiquetagem; PROCEL Edifica; Biblioteca.

Abstract: The recurrence of themes relacionated to natural resources preservation, to the sustentability and to energy consume, in the architecture and civil engineering scope, has awaken the search for techniques and inovations necessity that met theses needs. A tool that deserves attention for the energy consume decrease is the Energetic Efficiency Edification Labeling, developed by the partnership between Eletrobrás and Inmetro, that despite the voluntary start, presents an imminent mandatory character for edifications in the hole national territory. The Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) has the finality of fighting the energy waste, as well the racional use energy incentive in edifications. The point of this work is proposing the energetic efficiency labeling to the University Library of Universidade Metodista de Piracicaba, by the three

requirements diagnosis: envelope, lighting system and air conditioning. The search is lined in the Regulamento Técnico de Qualidade do Nível e Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (2013) prescriptive method. The methodology includes a physical-visual lifting of the ambients, envelope materials verification, calculation of installed power density and air conditioning use system. From the results, it proposes an edification classification as for energetic efficiency. The building received a level E for envelope, C for lightning system, E for air conditioning and D in general classification.

Key words: Labeling; Procel Edifica; Library.

INTRODUÇÃO

O modelo atual de crescimento econômico tem apresentado diversos entraves na relação entre o homem e o ambiente natural. Nas últimas décadas observa-se a evolução de uma preocupação internacional, o início de uma consciência da necessidade de proteção e respeito ao meio natural em relação às consequências da então atual forma de desenvolvimento, em virtude da constatação da velocidade de deterioração dos recursos naturais.

As pressões globais pela redução dos impactos ambientais aliadas às crises no setor de fornecimento energético intensificam as preocupações com a racionalização do consumo de energia e busca novas soluções e tecnologias.

A busca por um desenvolvimento sustentável coloca a indústria da construção civil em foco. Este setor consome energia tanto na fase de construção, quanto durante o uso dos edifícios, e também na demolição de edifícios, impactando fortemente o meio ambiente. Nesse contexto, a melhoria da eficiência energética seria a melhor e mais econômica solução para minimizar os impactos ambientais gerados pela utilização de energia, visando atingir o mesmo objetivo com menos energia, menos recursos naturais.

Diante disso, vários países no mundo têm ou estão produzindo leis e incentivos para edificações que sejam projetadas de forma ambientalmente responsável e com alto desempenho. Em muitos deles existem sistemas de certificação ambiental para edificações nos quais se reconhece os melhores desempenhos das edificações em relação a usarem mais critérios de sustentabilidade. Os sistemas de certificação começaram na Europa há algumas décadas e essa forma de incentivo difundiu-se em outros países da América

(principalmente no Canadá e nos Estados Unidos) e hoje vários países já têm seu próprio sistema de certificação.

No entanto, importar métodos estrangeiros existentes não é a melhor solução para avaliar edifícios no Brasil. O método de avaliação brasileiro teria de ser desenvolvido considerando as prioridades, condições e limitações do país.

O início do processo de Etiquetagem de Edificações ocorreu por meio da Lei nº 10.295, promulgada em 17 de outubro de 2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e visa desenvolver, difundir e estimular a eficiência Energética no País.

Em 2003, foi criado o PROCEL EDIFICA pela ELETROBRÁS/PROCEL, que atua de forma conjunta com os Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as Universidades, os Centros de Pesquisa e Entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento.

Mais tarde, através de uma parceria entre o INMETRO e a ELETROBRÁS/PROCEL Edifica, foi desenvolvida a Etiqueta PBE Edifica.

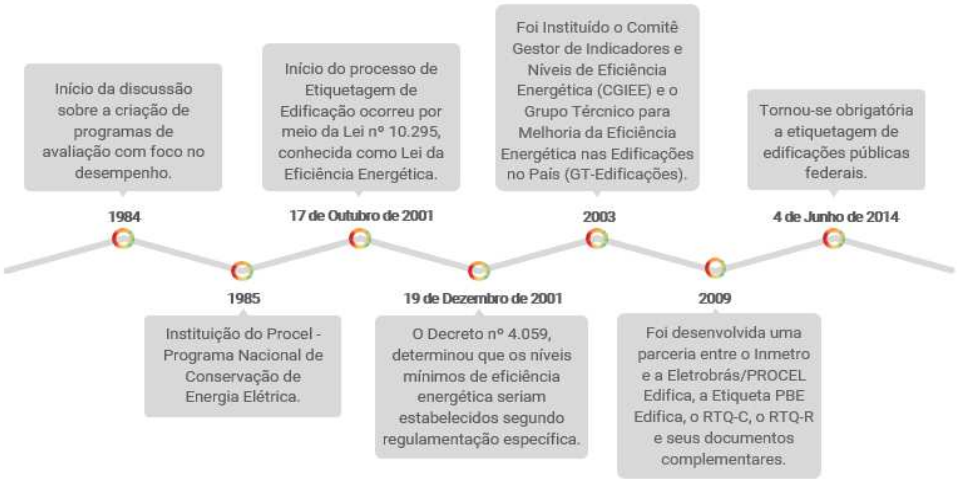
Na sequência, o PBE Edifica (2017) desenvolveu requisitos mínimos de desempenho e a metodologia de avaliação da eficiência energética de edifícios novos e existentes, os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). A primeira versão do RTQ-C foi lançada em 2009 e, atualmente, encontra-se em vigor a versão de 2013.

Em junho de 2014, tornou-se obrigatória a etiquetagem na classificação máxima, nível “A” (mais eficiente) do RTQ-C, para edificações públicas federais, novas ou que passem por alguma reforma (ou retrofit), devido à publicação da Instrução Normativa SLTI/MP Nº 02.

No final do processo de Etiquetagem de Edificações, realizado por meio dos métodos prescritivo ou de simulação, podem ser obtidas etiquetas para edificações comerciais, de serviços e públicas, classificando o nível de eficiência das edificações por meio de uma classificação alfabética e com cores, que vão de “A” a “E”, sendo A o melhor nível, o mais eficiente, e E o pior, o menos eficiente.

A Figura 1 apresenta uma linha do tempo sobre o processo de etiquetagem de eficiência energética no Brasil.

Figura 1: Linha do tempo – Etiquetagem.



Fonte: Autoria própria.

Justificativa

A etiquetagem de edificações visa melhorar padrões e métodos construtivos brasileiros e, por ser voluntária, conta com a conscientização de todos envolvidos nesse processo, desde os consumidores até os construtores, passando por arquitetos e consultores. Pesquisas e trabalhos que venham a destacar sua importância e seus benefícios são de grande auxílio para a divulgação dessa nova cultura. Num período de destaque intenso para a preservação do meio ambiente, esta é a oportunidade de os profissionais da área de construção mostrarem responsabilidade, causando o menor impacto ambiental e aproveitando cada vez mais os recursos naturais a favor da eficiência energética.

Neste contexto, políticas públicas educacionais para o consumo sustentável, pesquisa constante em fontes alternativas de energia e investimento em tecnologia são as soluções sustentáveis mais indicadas frente ao cenário de crise energética brasileira.

Ao valorizar o desenvolvimento de projetos com premissas sustentáveis tais como a iluminação natural dos ambientes, a implantação baseada na orientação solar e o uso de tecnologias e materiais adequados às características bioclimáticas do local, torna-se possível evitar o uso desnecessário de energia. Atualmente existem, por exemplo, vidros que reduzem o ganho em até 80% do calor. Seu uso evita que o aparelho condicionador de ar esteja sempre ligado.

A etiquetagem oferece informações para pautar atitudes em prol da sustentabilidade. Muitas providências podem ser tomadas, desde modernizar instalações, reparar maus usos e fazer melhorias operacionais, até comparar as contratações de energia, pois há concessionárias e tarifas diversas.

Dessa forma, evidencia-se que o desempenho das edificações brasileiras residenciais, comerciais e de serviços figura no centro das atenções do tema eficiência energética.

Com o objetivo de propor a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para a biblioteca da Universidade Metodista de Piracicaba, os instrumentos utilizados para coletar os dados consistiram na realização de um levantamento físico-visual dos ambientes, adequação e atualização dos desenhos arquitetônicos, verificação dos materiais da envoltória, análise da distribuição das luminárias, cálculo de potência instalada (DPI) e verificação de uso/equipamentos do sistema de condicionamento de ar do edifício. Com isso, foi feita a avaliação e a classificação do nível de eficiência energética da envoltória, do sistema de iluminação e do condicionamento de ar do edifício, pela aplicação do método prescritivo, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

DESENVOLVIMENTO

Metodologia

O estudo foi conduzido no município de Santa Bárbara d'Oeste, Estado de São Paulo. A edificação selecionada para a análise é a biblioteca da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, do campus de Santa Bárbara d'Oeste, localizada à margem da Rodovia Luiz Ometto (SP-306) no Km 24 (Figura 2).

Figura 2: A biblioteca e suas respectivas fachadas (em destaque vermelho).



Fonte: Google Earth (acesso em outubro/2018), adaptado pela autora.

O edifício possui uma área total construída de 919,6 m^2, distribuídos em 91,45 m^2 no hall de entrada, 14,85 m^2 nos sanitários para alunos e funcionários, 83,08 m^2 no átrio, 24,37 m^2 na sala de vídeo da administração, 48,51 m^2 na sala de estudo em grupo, 60,38 m^2 na sala de estudo individual, 17,31 m^2 na sala de vídeo, 66,53 m^2 na área de leitura do acervo, 60,80 m^2 na área de consulta do acervo, 148,35 m^2 na área de arquivamento, 227,77 m^2 na área de armazenamento, 12 m^2 na copa e 12 m^2 na sala de limpeza.

Com pé direito de aproximadamente 3 metros, a edificação possui proteções solares, beiral e brise-soleil, em toda a sua envoltória, além de persianas verticais internas de cor cinza em todas as janelas voltadas para as fachadas nordeste, sudeste, noroeste e sudoeste e nas janelas dos banheiros voltadas para as áreas de circulação. Além disso, a sala de estudo individual e a sala de vídeo próxima ao átrio possuem persianas nas portas também.

Para propor a classificação geral do edifício, as classificações por sistemas individuais devem ser avaliadas, resultando em uma classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada sistema individual: 30% a envoltória, 30% ao sistema de iluminação e 40% ao sistema de condicionamento de ar (RTQ-C, 2013).

Para ser elegível à etiquetagem, o edifício deve cumprir além dos requisitos específicos de cada sistema, os pré-requisitos gerais, referentes aos circuitos elétricos e aquecimento de água, necessários para a obtenção da classificação geral do nível de eficiência da edificação. Caso o edifício não atenda, a classificação final poderá ser alterada e seu nível de eficiência energética reduzido, dependendo do pré-requisito que não for atendido.

O edifício em estudo é isento dos requisitos mínimos necessários referentes aos circuitos elétricos, pois o RTQ-C dispensa tais requisitos para edificações cuja data de construção seja anterior a junho de 2009, e aos relacionados ao aquecimento de água, já que este edifício não apresenta demanda de água quente.

Determinação do nível de eficiência energética da envoltória

A envoltória, definida pelo RTQ-C (2017) como “a pele do edifício”, ou seja, os planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, é composta de elementos como paredes, aberturas e proteções solares.

Deve-se diferenciar fachadas de paredes externas, as quais referem-se a elementos opacos, usadas principalmente no cálculo da transmitância térmica e absortância, assim como as coberturas. Já as fachadas referem-se ao Percentual de Área de Aberturas nas Fachadas (PAF) e são parte da envoltória para cálculo do Fator de Forma (FF).

A orientação das fachadas influencia na eficiência da edificação. Por esse motivo é necessário definir a orientação de cada fachada adequadamente, através da implantação do edifício.

Quanto às paredes externas, essas são revestidas com tijolos sobre a vedação de bloco de concreto com dois furos, totalizando em uma parede externa com 20 cm de espessura. Os elementos estruturais são de concreto, enquanto alguns detalhes como rodapés e beirais são de argamassa.

A cobertura é composta por lajes de concreto, onde se apoiam vigas que sustentam telhas de fibrocimento com oito águas, com exceção da cobertura do hall da entrada, do átrio da biblioteca e da abertura zenital nele existente, sendo o hall de entrada coberto com painéis termoacústicos de lã de rocha, o átrio por telhas termoacústicas de EPS (tipo sanduíche), e a abertura zenital com policarbonato alveolar transparente.

Há janelas com proteções solares, beiral e brise-soleil, em todo seu entorno. Responsável por impedir a incidência direta de radiação solar antes que ela atinja a fachada da edificação, o brise-soleil evita a manifestação de um calor excessivo no interior da biblioteca, garantindo conforto térmico à edificação.

A classificação do nível de eficiência energética da envoltória é composta por duas partes: o cálculo do índice de consumo e a verificação dos pré-requisitos.

Cálculo do índice de consumo da envoltória (IC)

Para o cálculo do índice de consumo da envoltória da edificação (IC_{env}), demonstrado na equação 1 e, posteriormente, na tabela 1, faz-se necessário reunir os seguintes dados: zona bioclimática de onde a edificação está inserida, fator altura (FA), fator de forma (FF), percentual de área de abertura na fachada total (PAF_T), fator solar (FS), ângulo vertical de sombreamento (AVS), ângulo horizontal de sombreamento (AHS) e área de projeção do edifício (A_{pe}).

A área de projeção do edifício em estudo é 919,6 m^2, e, portanto, maior que 500 m^2. Pelo RTQ-C (2013), a equação (Eq.1) utilizada nesse caso é:

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_T.AHS + 277,98 \quad \text{(Eq. 1)}$$

Segundo o Manual RTQ-C (2017), o indicador de consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação.

Na Tabela 1 encontra-se o resultado geral dos procedimentos de cálculo da envoltória.

Tabela 1 – Resultado para cálculo da envoltória.

Característica	**Edifício em estudo**	**$IC_{máx}$**	**$IC_{mín}$**
FA (Fator Altura)	1	1	1
FF (Fator Forma)	0,42	0,42	0,42
PAF_T (Percentual de Área de Abertura na Fachada Total)	0,3083	0,6	0,05
AVS (Ângulo Vertical de Sombreamento)	65,3645	0	0
AHS (Ângulo Horizontal de Sombreamento)	0	0	0
FS (Fator Solar)	0,40	0,61	0,87
IC_{env} (Índice de Consumo da Envoltória)	**144,30**	**164,33**	**137,63**

Fonte: Autoria própria.

Como o IC_{env} calculado é inferior ao limite máximo para nível A, a envoltória da edificação analisada teria nível A de classificação.

Verificação de atendimento aos pré-requisitos da envoltória

Para a classificação do nível de eficiência da envoltória, devem ser atendidos os pré-requisitos específicos de acordo com o nível de eficiência pretendido, de modo que quanto mais elevado o nível de eficiência, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos (Tabela 2).

Tabela 2 – Síntese dos pré-requisitos específicos da envoltória.

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absortância de superfícies	Iluminação zenital
A	X	X	X
B	X	X	X
C e D	X		

Fonte: Manual RTQ-C (2017).

A Tabela 3 ilustra os valores calculados para o edifício e os valores prescritos pelo Manual do RTQ-C (2017), para verificação do atendimento aos pré-requisitos da envoltória.

Tabela 3 – Verificação dos pré-requisitos para a envoltória.

Pré-requisito	Calculado	Prescrito	Situação
Transmitância térmica das paredes externas	2,87W/m^{2}K	Até 3,7 W/m^{2}K	Atende
Transmitância térmica da cobertura (ambientes condicionados)	**3,87 W/m^{2}K**	**Até 2,0 W/m^{2}K**	**Não atende**
Transmitância térmica da cobertura (ambientes não condicionados)	0,95 W/m^{2}K	Até 2,0 W/m^{2}K	Atende
Absortância térmica das paredes	0,58 W/m^{2}K	Até 0,50 W/m^{2}K	Não atende
Absortância térmica da cobertura	0,77 W/m^{2}K	Até 0,50 W/m^{2}K	Não atende
Iluminação zenital	0,75 W/m^{2}K	Até 0,87 W/m^{2}K	Atende

Fonte: Autoria própria.

Percebe-se, pela análise dos dados da Tabela 3, em comparação com a Tabela 2, que o edifício não atende aos requisitos mínimos para níveis C e D de transmitância térmica da cobertura. Como esse é o pré-requisito mais restritivo, a envoltória se enquadra na categoria E de eficiência energética.

Dessa forma, mesmo a envoltória tendo recebido nível A de classificação pelo índice de consumo, ela é rebaixada para nível E.

Determinação do nível de eficiência energética do sistema de iluminação

A avaliação do sistema do sistema de iluminação da biblioteca foi realizada através do método da área do edifício, pois o mesmo exerce apenas função de biblioteca e de escola/universidade, atividade equivalente à praticada nas salas de estudos individuais e em grupo e nas salas de vídeo.

O método da área do edifício determina limites de densidade de potência em iluminação para edificações como um todo, sendo esses determinados pelo regulamento, já considerando a existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos; desta forma utiliza-se apenas os valores das atividades principais da edificação.

Logo, para a avaliação deve-se, primeiramente, identificar as atividades principais do edifício e a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L – W/m²) para cada nível de eficiência, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido.

Função da edificação	**DPI_L - Nível A (W/m²)**	**DPI_L - Nível B (W/m²)**	**DPI_L - Nível C (W/m²)**	**DPI_L - Nível D (W/m²)**
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Escola/ Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: Adaptada do Manual RTQ-C (2017).

Sabendo que o edifício possui 867,4 m² de área iluminada, para determinar seu nível de eficiência é necessário determinar a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L) para cada atividade e a área iluminada de cada uma.

Posteriormente, para definir a potência limite para cada nível de eficiência do edifício é necessário multiplicar a área iluminada de cada setor pela DPI_L correspondente e, em seguida, somar as potências limites encontradas de cada nível pretendido (Tabela 5).

Tabela 5 – Cálculo da potência limite.

Função da edificação	**Área (m²)**	**Potência limite - Nível A (W)**	**Potência limite - Nível B (W)**	**Potência limite - Nível C (W)**	**Potência limite - Nível D (W)**
Biblioteca	716,83	9103,741	10465,718	11.827,695	13.189,672
Escola/ Universidade	150,57	1611,099	1852,011	2.092,923	2.333,835
	Total	**10.714,84**	**12.317,729**	**13.920,618**	**15.523,507**

Fonte: Autoria própria.

Na sequência, é necessário caracterizar o sistema de iluminação dos ambientes (Tabela 6), para, assim, identificar a potência total instalada no edifício (Tabela 7).

Tabela 6 – Características do sistema de iluminação.

Ambiente	**Características**	**Quantidade**
Hall de entrada	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	06
	Lâmpada incandescente 60W	02
Sanitários	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W) de perda	04
Átrio	Lâmpada fluorescente tubular T5 (32W) com reator (5W) de perda	08
Sala de vídeo - administração	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	04

Sala de estudos em grupo	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	07
Sala de estudos individual	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	08
Sala de vídeo	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	04
Biblioteca	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	74
	Conjunto com 2 lâmpadas tubulares de LED (18W cada)	03
Copa	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	02
Sala de limpeza	Conjunto com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (32W cada) contendo um reator (5W de perda)	02

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7 – Análise da potência instalada total e área dos ambientes.

Ambiente	**Reatores**	**Potência das Lâmpadas (W)**	**Lâmpadas por reator/conjunto**	**Perdas (W)**	**Potência Total (W)**	**Área (m²)**
Hall de entrada	6	32	2	5	534	91,45
	-	60	2	-		
Sanitários	4	32	2	5	276	14,85
Átrio	8	32	1	5	296	83,08
Sala de vídeo - administração	4	32	2	5	276	24,37
Sala de estudos em grupo	7	32	2	5	483	48,51
Sala de estudos individual	8	32	2	5	552	60,38
Sala de vídeo	4	32	2	5	276	17,31
Biblioteca	74	32	2	5	5214	503,45
	-	18	6	-		

Copa	2	32	2	5	138	12
Sala de limpeza	2	32	2	5	138	12
Total					**8183**	867,4

Fonte: Autoria própria.

Comparando-se a potência total instalada no edifício (8183 W) com a potência limite do nível A, para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação, tem-se que 8183 W é menor que 10714,84 W.

Dessa forma, o edifício alcança nível A de eficiência energética. No entanto, apesar do método da área avaliar o edifício como um todo, deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes, avaliando-os separadamente.

Caso alguns ambientes não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instaladas dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

Diante disso, ao avaliar os pré-requisitos de iluminação para o edifício em estudo, encontra-se:

- Os ambientes da biblioteca, as salas de estudos individual e em grupo, a sala de vídeo da administração e o hall de entrada não possuem nenhum controle independente para as luminárias próximas as aberturas;
- O edifício não possui nenhum dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação instalado em suas dependências.

Para manter o nível A seria necessário que os ambientes atendessem os pré-requisitos de *Contribuição de Luz Natural* e *Desligamento Automático do Sistema de Iluminação*. Como os ambientes descritos acima não atendem a esses pré-requisitos, eles recebem, respectivamente, as seguintes avaliações:

a. Nível C, por não atender a *Contribuição de Luz Natural;*
b. Nível B, por não atender o pré-requisito de *Desligamento Automático do Sistema de Iluminação.*

Desta forma o edifício recebe nova pontuação, calculando-se um novo EqNumDPI, e obtendo-se o valor ponderado de 3,14, o que corresponde a classificação C para o sistema de iluminação.

A Tabela 8 mostra a determinação da classificação de acordo com a pontuação obtida.

Tabela 8 – Classificação geral.

Classificação Final	Pontuação Total
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 do RTQ-C (2017), adaptada.

Determinação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar

Os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos distintos no RTQ-C (2013), dependendo se os condicionadores são avaliados pelo PBE/INMETRO ou não. Os sistemas compostos por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO, por sua vez, são avaliados através do seu desempenho em relação a certos níveis fornecidos pelo RTQ-C.

Os equipamentos não regulamentados compreendem os condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO e sistema de condicionamento central. A classificação neste caso é definida por limites de parâmetros de eficiência fornecidos pelas Tabelas do RTQ-C (2013) estabelecidas para cada tipo de equipamento, de forma que o mesmo tem que atender à exigência mínima para o nível pretendido.

No entanto, os equipamentos encontrados na biblioteca não se enquadram em nenhuma das condições estabelecidas pelo RTQ-C (2013), por isso são considerados como Nível E. Por conseguinte, a avaliação do sistema de condicionamento de ar do edifício determina que seu nível de eficiência é **E**.

Determinação do nível de eficiência final - Classificação geral da edificação

Pela equação 2, pode-se definir a pontuação total da edificação e assim determinar sua classificação final, de acordo com a Tabela 8.

$$PT = 0{,}30.\left\{\left(EqNumEnv.\frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU}.5 + \frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\} + 0{,}30.(EqNumDPI) + 0{,}40.\left\{\left(EqNumCA.\frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU}.5 + \frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\} + b_0^1 \quad \text{(Eq. 2)}$$

Para a biblioteca, tem-se os seguintes valores:

Área condicionada total (AC): 678,02 m^2

Área útil (AU): 867,40 m^2

Área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados (APT): 189,38 m^2

Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada (ANC): 0 m^2

Aplicando-se a Equação 2, encontra-se a pontuação total como sendo 2,05, o que corresponde ao nível D para a classificação geral da edificação.

A Figura 3 apresenta a etiqueta meramente ilustrativa da edificação.

Figura 3 – Proposta de etiqueta para a edificação estudada.



Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise dos conceitos e componentes de cada sistema (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), tornou-se possível avaliá-los quanto a sua eficiência energética e a proposta da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação Energética) parcial de cada sistema, bem como da ENCE geral do edifício.

No entanto, o edifício em estudo apresentou níveis de eficiência energética com valores considerados ruins perante os recomendados pelo RTQ-C. A Tabela 9 apresenta um resumo dos sistemas avaliados e suas respectivas classificações, além da classificação final do edifício.

Tabela 9 – Classificações parciais e finais da biblioteca.

	Classificação
ENCE Parcial	
ENVOLTÓRIA	E
ILUMINAÇÃO	C
CONDICIONAMENTO DE AR	E
ENCE Geral	D

Fonte: Autoria própria.

Considerando o fato do edifício em estudo ter sido construído há mais de 25 anos, em uma época onde o consumo racional de energia estava começando a receber maior atenção, este perdeu pontos justamente por não cumprir os pré-requisitos.

No entanto, sem a necessidade de altos investimentos, podem ser propostas algumas intervenções simples, com o intuito de atender aos pré-requisitos para melhorar a classificação energética do edifício.

Cabe destacar que adequar uma edificação aos padrões de eficiência energética pode significar, na maioria das vezes, o encarecimento da construção, por isso tais medidas nem sempre são adotadas. A preocupação com a inserção do edifício no meio ambiente deveria ser uma preocupação constante, tanto em sua concepção e construção, quanto por parte dos futuros usuários da edificação.

Todavia, ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi possível reconhecer alguns dos obstáculos enfrentados para a implantação de uma nova postura frente à relação energética. Esta foi uma maneira de perceber a necessidade da conscientização dos benefícios a longo prazo de um edifício sustentável, como a redução nas despesas e nos impactos ambientais, e de todos os profissionais envolvidos na construção de um edifício.

Assim, a medida que a eficiência energética alcance uma notória disseminação, ganhos significativos em termos do desempenho energético de edifícios tendem a ocorrer, de modo que os tornarão mais adaptados ao clima e construídos de forma mais consciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Fernando Henrique Cardoso, p. 1-4, dez. 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139097/Decreto_nx_4.059_2001.pdf/b88c 794f-09fe-4305-acc4-92c3f54a6f96>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MANUAL-C. **Manual para Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comercial, de Serviços e Públicas (RTQ-C).** Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/ downloads/manual_rtqc2016.pdf. Acesso em: agosto de 2018.

PBE EDIFICA. Início. **Sobre**: **PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2017. Disponível em: <http:// pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 20 set. 2018.

RTQ-C. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comercias, de Serviços e Públicas.** Disponível em: http://www.pbeedifica.com. br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_ Edificacoes-C_rev01.pdf. Acesso em: agosto de 2018.

Sobre os autores

Adriana Petito de Almeida Silva Castro
Professora doutora dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, nas instituições: UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba e UNIP – Universidade
e-mail: dripasc@gmail.com

Isabella Perez de Souza Barros: graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). Este artigo é resultado de projeto de Iniciação Científica, realizado com bolsa PIBITI/CNPq.
e-mail: isapsb94@gmail.com