

SIMULAÇÃO DE ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UM PRÉDIO PÚBLICO - ESTUDOS DE CASO EM GOVERNADOR VALADARES

Valcimar Silva de Andrade*, Romário Soares Araújo, João Eustáquio da Costa Santos

* Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Governador Valadares E-mail: romariosoares123@hotmail.com

RESUMO

No presente trabalho foi feita uma estimativa, à luz do manual RTQ-C, para determinação da etiqueta de eficiência energética de um prédio de ensino do IFMG - Campus Governador Valadares. Através da adoção das diretrizes determinadas pelo manual, medidas, cálculos, levantamentos sobre a edificação, e utilização do método descritivo determinou-se o nível de eficiência para os sistemas de iluminação, envoltória e condicionamento de ar. Ao final dessas etapas foi possível ter uma estimativa da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) obtida pela edificação em um eventual pedido de certificação.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, RTQ-C, Etiquetagem, Prédios Públicos, ENCE.

INTRODUÇÃO

A questão energética é uma demanda mundial, tanto no que diz respeito ao crescimento da oferta para atendimento da demanda, quanto no que diz respeito ao uso racional da energia em suas mais diversas formas: eficiência energética (MARQUES, 2007). O processo de aplicação de uma política de eficiência energética requer uma análise bastante detalhada, pois é preciso reduzir o consumo desnecessário dos equipamentos existentes em uma certa instalação, mantendo a funcionalidade da mesma e o conforto das pessoas que a utilizam. A eficiência energética no ambiente construído é um tema atual e permeia um dos cenários prováveis de atuação de um Gestor Ambiental. Além disso, a cultura da eficiência energética se torna cada vez mais uma ferramenta de competitividade e de sobrevivência de empresas públicas e privadas no mundo moderno (GUILLIOD e CORDEIRO, 2011). Apesar de alguns esforços iniciais, como a criação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), ainda são pouco disseminados e claros os indicadores de desempenho específicos para as edificações que consideram usos, o clima e as condições locais (LABEEE, 2010). A modelagem deste tipo de análise em parâmetros gerais para todo e qualquer tipo de edificação é um desafio, assim como o estabelecimento de normas relativas a esses parâmetros. Tendo em vista a forte demanda por ações em eficiência energética, a relevância deste tema para o país e para área de gestão ambiental, e a possibilidade de análise de um prédio público definiu-se como um problema científico a ser abordado a análise de eficiência energética do prédio de ensino de uma instituição pública em Governador Valadares utilizando o RTQ-C.

Entre outras coisas é esperado que uma edificação eficiente apresente estratégias construtivas que minimizem o impacto causado à sociedade e ao ambiente (uso de energias renováveis ou aproveitamento otimizado). No Brasil já existem indicadores energéticos normalizados para o ambiente construído, dados pelo INMETRO através do RTQ-C, sendo que a certificação e a etiquetagem de prédios ainda são incipientes, com poucos laboratórios certificados para esse fim: CEPEL e LABEEE (LABEEE, 2010).

Como resultados de todo o caminho percorrido ao longo do tratamento do problema tem-se o melhor conhecimento do desempenho energético da edificação, um instrumento norteador para ações de conscientização e educação ambiental (foco no uso racional da energia), apontamentos de melhorias e/ou adaptações na estrutura e arquitetura do prédio, relatórios para a CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) e direção do *campus*, formação de recursos humanos e produção científica relevante na área de eficiência energética.

OBJETIVO DO TRABALHO

Considerando a importância cada vez mais crescente do uso racional da energia nas edificações, o grande apelo ambiental do tema e as emergentes metodologias de etiquetagem de eficiência energética em prédios públicos, o objetivo central do presente trabalho é estimar e simular, à luz do manual RTQ-C, a etiquetagem de um prédio público em Governador Valadares (MG). O prédio possui área maior que 500 m² e grupo tarifário A. Através da adoção das

diretrizes determinadas pelo manual, medidas, cálculos e levantamentos sobre a edificação, pretende-se determinar o nível de eficiência para o sistema de iluminação, envoltória e sistema de condicionamento de ar. Ao final dessas etapas será possível ter uma estimativa de qual seria a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) obtida pela edificação em um eventual pedido de certificação. Além disso, durante toda a trajetória de determinação da ENCE será feito um diagnóstico claro das potencialidades e eventuais falhas da edificação no quesito eficiência energética, contribuindo para uma importante aprendizagem no campo da Gestão Ambiental.

METODOLOGIA

Uma primeira abordagem do problema diz respeito à seleção dos parâmetros e métodos de análise, o que foi feito através de pesquisa bibliográfica suficientemente extensa, consultas constantes ao manual RTQ-C e consulta aos poucos laboratórios certificadores neste ramo no país. Dando continuidade ao estudo do problema tem-se a fase de análise de projeto arquitetônico da edificação à luz da questão de eficiência energética (envoltória).

Por fim serão analisados os aspectos relativos à iluminação e ao condicionamento de ar, além de possíveis bonificações. Segundo o RTQ-C há avaliação de pré-requisitos para cada dimensão avaliada e bonificações em função de estruturas e ações que contribuam para o desempenho eficiente da edificação (ELETROBRAS/PROCEL, 2013). A ideia central é a obtenção, ao final do processo, de uma ENCE Parcial (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) para cada sistema (Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar) e após alguns cálculos como determinado no RTQ-C uma ENCE Geral, que pode ter 5 níveis de classificação: A, B, C, D e E, variando do nível mais eficiente para o menos eficiente. A figura 01 mostra o layout da ENCE Geral. É importante lembrar que há dois métodos de classificação do nível de eficiência energética:

- *Método prescritivo:* através da aplicação de uma equação fornecida, válida para edifícios condicionados;
- *Método de simulação:* usando o método prescritivo e a simulação do desempenho termo-energético de edifícios condicionados e não condicionados.

Foi empregado o primeiro método neste trabalho.



**Figura 01 – ENCE Geral de Edifício Construído
(ELETROBRAS/PROCEL, 2013).**

A. Envoltória

Segundo o manual RTQ-C a envoltória de uma edificação é definida como planos que separam o ambiente interno do ambiente externo. Isso corresponde a elementos como janelas, paredes, lajes e coberturas (ELETROBRAS/PROCEL, 2013). A avaliação da envoltória começa sobre o projeto arquitetônico e constitui etapa essencial para avaliação dos outros requisitos. Basicamente, este tipo de avaliação está relacionado ao desempenho térmico da edificação, o que também depende da localização geográfica da mesma (zoneamento bioclimático). Juntamente com os pré-requisitos para esse sistema e com o índice de consumo da envoltória (IcEnv), é possível determinar o nível de eficiência da mesma.

B. Iluminação

Toda edificação deve prover um sistema de iluminação artificial para permitir o uso de seus recintos que estejam longe das entradas de luz natural e/ou funcionem em horário noturno. O grau de iluminamento deve estar de acordo com os preconizados nas normas técnicas, sem, contudo, exceder o necessário (ineficiência). A definição do nível de eficiência é feita com base em pré-requisitos e cálculos de densidade de potência utilizada no sistema de iluminação (DPIL). Os pré-requisitos dizem respeito à divisão dos circuitos, o aproveitamento de luz natural e o desligamento automático.

C. Sistemas de Condicionamento de Ar

Sistemas de Condicionamento de Ar, quando composto por equipamentos avaliados pelo PBE, tem seu nível de eficiência determinados pela eficiência dos equipamentos, desde que cumpram pré-requisitos como o isolamento térmico das tubulações. Assim como nos outros casos o não cumprimento dos pré-requisitos acarreta diminuição do nível que pode ser alcançado.

D. Bonificações

Em resumo, as bonificações são iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, tais como: sistemas ou fontes renováveis de energia, sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água e sistemas de cogeração e/ou técnicas inovadoras que permitam redução do consumo anual de energia. Essas iniciativas incidem positivamente no cálculo do nível de eficiência da edificação, permitindo melhorar o nível final da ENCE.

E. –Equação Geral

A classificação geral de uma edificação é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Equação Geral (1). A pontuação total (PT) permite comparar o valor obtido com um escalonamento de níveis de eficiência no RTQ-C, gerando a ENCE Geral.

$$PT = 0,30 \left\{ \left(EqNumEnv \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} \dots + 0,30 \cdot \{ EqNumDPIL \} + \dots$$

$$\dots + 0,40 \left\{ \left(EqNumEnv \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$$

Equação (1)

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPIL: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPIL, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados; **AU:** área útil;

b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

RESULTADOS OBTIDOS

A. Envoltória

Na análise dos pré-requisitos verificou-se que a edificação atende os pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura e absorvância de superfícies em nível A, mas não possui iluminação zenital, o que só permite chegar aos níveis C e D. Para a definição nível de eficiência foi preciso o cálculo do índice de consumo da envoltória como preconiza o manual RTQ-C. A tabela 01 mostra os parâmetros utilizados na verificação dos pré-requisitos e no cálculo deste índice.

Tabela 01 - Parâmetros utilizados na verificação dos pré- requisitos da envoltória e no cálculo do índice de consumo.

Transmitância do Telhado	0,53 W/m ² /K
Transmitância das Paredes	2,5 W/m ² /K
Ambientes Condicionados	Sim

Zona Bioclimática	5
Latitude	18°51'03"
Longitude	41°56'56"
Absortância das Paredes	0,30
Absortância da Cobertura	0,25
Cor das Paredes	Branca
Tipo de Superfície da Cobertura	Telha de Aço - Cor Branca

Área da Envoltória	2723 m ²
Volume da Edificação	6407 m ³
Fator de Forma	0,43
Fator de Altura	1
Fator Solar	0,45
Ângulo Vertical de Sombreamento	0°
Ângulo Horizontal de Sombreamento	0°
Percentual de Abertura de Fachada Total	0,38

Abertura de Fachada	252 m ²
Fachada	656 m ²
Ape – Projeção da Edificação	2067 m ²
Apcob – Projeção da Cobertura	2067 m ²
IcEnv	481,44
Icmáx	585
Icmín	377
Nível	C

Dessa forma, o índice final da envoltória, em função dos pré-requisitos, é C, conforme mostra a tabela 02.

Tabela 02 - Classificação final da Envoltória.

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

B. Iluminação

O pré-requisito de divisão de circuitos foi atendido. Todos os recintos têm uma área total de piso menor que 250 m² e possuem, no mínimo, um dispositivo de controle manual liga-desliga, que permite o acionamento da iluminação interna do ambiente com independência e facilidade. O aproveitamento da luz natural disponível, com o desligamento das luminárias próximas às janelas, independente do sistema restante não foi atendido. A maioria dos ambientes apresenta mais de um acionamento; porém, de forma aleatória, sem ser especificamente daquelas luminárias mais próximas às janelas.

O pré-requisito de desligamento automático do sistema de iluminação não se aplica, pois não existem ambientes com área maior que 250 m² no presente caso de estudo.

O levantamento do sistema de iluminação mostrou que são utilizadas calhas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W em todos os ambientes. Para o cálculo do DPIL foram quantificadas a potência total instalada (via número de calhas) e a área total iluminada.

Levando-se em consideração o valor da Densidade de Potência de Iluminação (DPIL), conforme atividade principal da edificação prevista no RTQ-C, e o atendimento de pré-requisitos é observado que a classificação de eficiência energética é reduzida ao nível C, correspondente ao equivalente numérico de valor 3, em função de pré-requisito não atendido. A tabela 03 sumariza os resultados.

Tabela 03 – Resumo dos resultados para o sistema de iluminação.

Pré-Requisito	Situação	Nível
Divisão dos circuitos	Foi atendido	C
Contribuição da luz natural	Não foi atendido	
Desligamento automático	Não se aplica	

Parâmetro	Valor	Nível
DPIL	5,92 W/m ²	A

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

C. Condicionamento de Ar

Para o presente estudo de caso o único pré-requisito para o sistema de condicionamento de ar foi o isolamento térmico, e foi cumprido. Todas as áreas de permanência prolongada são condicionadas. O sistema de condicionamento de ar da edificação é constituído por dois modelos de condicionadores de ar tipo Split (Teto). Por serem sistemas regulamentados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) foram classificados segundo o PBE através de consulta das tabelas de eficiência encontradas no site do referido instituto. A tabela 04 mostra o resultado da consulta e a tabela 05 mostra a classificação do sistema de condicionamento de ar.

Tabela 04– Eficiência dos aparelhos de ar condicionado

Modelo		Classificação
Marca	Unid. Interna	
Komeco	KOP 60FC	D
	G2 UE220	
Carrier	42XQC03	D
	6515LC	

(PBE//INMETRO)

Tabela 05 – Classificação do Sistema de Condicionamento de Ar

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

D. Equivalente Numérico & Etiqueta ENCE

De posse dos níveis de eficiência e equivalente numérico da Envoltória, Sistema de Iluminação e de Condicionamento de Ar foi possível obter a ENCE Geral através da equação (1). Os parâmetros utilizados na equação (1) são dados na tabela 06.

Tabela 6 – Parâmetros utilizados para determinação da ENCE Geral

APT	424	EqNumDPI	3
-----	-----	----------	---

AC	1643	EqNumCA	2
ANC	424	b	0
AU	2067	AC/AU	0,79
EqNumEnv	3	PT	2,3

A ENCE Geral obtida, conforme a pontos obtidos na equação (1), é dada na tabela 07.

Tabela 07 – ENCE Geral da Edificação

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

CONCLUSÕES

O modelo prescritivo descrito no RTQ-C permitiu estimar o nível de eficiência do prédio de ensino da instituição pública, tendo sido obtida nesta “simulação” a etiqueta ENCE Geral nível D. Um relatório final será apresentado à direção da instituição, assim como a proposta de criação da CICE. Junto a esses documentos irão algumas indicações de manutenção e adaptação da edificação, tendo como principal baliza a melhoria da eficiência energética da edificação através de atendimento de pré-requisitos e bonificações. Entre as indicações estão a proteção das unidades condensadoras, o aproveitamento de água da chuva, o acionamento individual das luminárias próximas às janelas (aproveitamento de luz natural), a adaptação do telhado para obtenção de iluminação zenital nos corredores, a implantação de sistema fotovoltaico para geração de energia e o aproveitamento de espaço ocioso com potencial de geração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFMG – Campus Governador Valadares pela liberação de dados para realização da pesquisa e pelo apoio financeiro para participação no V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MARQUES, M. C.S. Eficiência Energética: teoria & prática. Itajubá, FUPAI, 2007. 224 p.
2. GUILLIOD, Sonia de Miranda; CORDEIRO, Marcos Luiz Rodrigues. Manual do pré-diagnóstico energético autodiagnóstico na área de prédios públicos. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.
3. LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2010. Disponível em < <http://www.labee.ufsc.br> > Acesso em : janeiro 2014.
4. Manual-C. Manual para Aplicação do RTQ-C: Comercial, de Serviços e Públicos. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3e - UFSC: Eletrobrás/Procel, 2013. 202 p.
5. KRAUSE, Cláudia Barroso. et al.; MAIA, José Luiz Pitanga, Coordenador. Manual de prédios eficientes em energia elétrica. – Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. 230 p.
6. NORMAS DA ABNT, Citações e Referências Bibliográficas. 2013. Disponível em: < <http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm#5.6> > Acesso em: Agosto 2014.
7. ROCHA, Afrânio Cosmo Gonçalves da; Eficientização energética em prédios públicos: um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade. Fundação Getúlio Vargas, Escola de administração pública de São Paulo, 25 p. 2012.
8. VIGGIANO, Mário Hermes Stanziona; Edifícios Públicos Sustentáveis. Senado Verde; Brasília. 45p. 2010.