



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

FRANCISCO EDNAN FLORENTINO SILVA

**DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
DA ENVOLTÓRIA DO PRÉDIO DA CENTRAL DE AULAS –
UEPB**

**CAMPINA GRANDE – PB
2014**

FRANCISCO EDNAN FLORENTINO SILVA

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA DO
PRÉDIO DA CENTRAL DE AULAS – UEPB

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Orientadora: Profa Dra Celeide Maria Belmont Sabino Meira

CAMPINA GRANDE – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586d Silva, Francisco Ednan Florentino.

Determinação do nível de eficiência energética da envoltória do prédio da central de aulas – UEPB [manuscrito] / Francisco Ednan Florentino Silva. – 2014.

59 p. : il. Color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

“Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Eficiência energética. 2. RTQ-C. 3. Envoltória. I. Título.

21. ed. CDD 333.79

FRANCISCO EDNAN FLORENTINO SILVA

**DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
DA ENVOLTÓRIA DO PRÉDIO DA CENTRAL DE AULAS –
UEPB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 29/07/2014

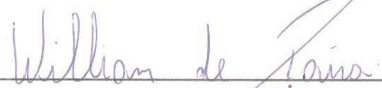
Examinadores:



**Profª Drª Celeide Maria Belmont Sabino Meira
(Orientadora – DESA/CCT/UEPB)**



**Profª Drª Neyliane Costa de Souza
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)**



**Prof. Dr. William de Paiva
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)**

AGRADECIMENTOS

Agradeço Deus por existir e por ter ajudado a vencer todos os obstáculos.

Agradeço a minha mãe, pela orientação, dedicação e apoio durante toda a fase do curso.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

“Somente quando for cortada a última árvore, pescado o último peixe, poluído o último rio, que as pessoas vão perceber que não podem comer dinheiro”

Provérbio Indígena

RESUMO

A energia foi indispensável para que o homem pudesse se modernizar, qualquer atividade era e é necessário o seu uso, principalmente a energia elétrica, proveniente de várias fontes como a água, o sol, o carvão, entre outras. O uso da eletricidade no Brasil iniciou-se em 1879 na mesma época que na Europa e Estados Unidos. A primeira unidade produtora de energia no Brasil foi à usina termoelétrica instalada em Campos no ano de 1883. Em 2001, o Brasil se deparou com uma grande crise de falta de energia provocado pela escassez de chuvas onde reduziram o nível da água dos reservatórios das hidroelétricas e a falta de fontes alternativas de geração de energia elétrica. A partir daí foram adotadas várias medidas, sendo uma delas a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, que tem o objetivo de combater o desperdício de energia, através dos seus subprogramas, onde se destaca o PROCEL Edifica (Eficiência Energética em Edificações), que tem o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. Em 2009 foi elaborado o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), onde esse regulamento avalia a edificação por completo nos três sistemas: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar ou de forma individual. Através deste regulamento é possível obter uma ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), a qual especifica o nível de Eficiência alcançado pela edificação, que pode ser A (mais eficiente) e E (menos eficiente). O objetivo deste trabalho é o de determinar o nível de Eficiência Energética da Envoltória do prédio da Central de Aulas da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, através do método prescritivo descrito no RTQ-C. Foi realizada a coleta de dados *in loco* e através de plantas arquitetônicas da edificação. De posse de todos os dados foi realizado o cálculo do Indicador de Consumo (IC). Com o valor do Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}) e analisando os pré-requisitos da envoltória (transmitâncias das coberturas e paredes, absorptâncias das coberturas e paredes, e iluminação zenital), foi obtido a classificação do nível de Eficiência Energética da Envoltória, nível E. Como a envoltória é o requisito determinante na classificação do edifício, ele possui classificação final E. Para que a edificação estudada pudesse melhorar a sua classificação de Eficiência Energética seria necessária a substituição de uma das coberturas do edifício.

Palavras-chave: Eficiência energética, RTQ-C, Envoltória.

ABSTRACT

The energy was essential if the man could modernize, any activity was and is necessary to its use, especially electric energy from various sources like water, sun, coal, among others. The use of electricity in Brazil started in 1879 around the same time in Europe and the United States. The first production unit of energy in Brazil was the power plant installed in Campos in 1883. In 2001, Brazil faced a major crisis of power outages caused by lack of rain which reduced the water level in the reservoirs of hydroelectric plants and the lack of alternative sources of power generation. Thereafter several measures were adopted, one being the creation of the National Program for Energy Conservation - PROCEL, which aims to tackle wasted energy through its subprograms, which stands out Procel Build (Energy Efficiency in Buildings), which aims to encourage the conservation and efficient use of natural resources (water, light, ventilation) in buildings, reducing waste and impact on the environment. In 2009 the classification RTQ - C regulation is the Quality Technical Regulation for Energy Efficiency of Commercial Buildings, Services and Public where this Regulation evaluates the building altogether the three systems were prepared: envelopment, Lighting and Air Conditioning or individually. Through this regulation is able to ENCE (National Energy Conservation Label), which specifies the level of efficiency achieved by the building, which can be A (most efficient) and E (least efficient). The objective of this study is to determine the level of energy efficiency of the building envelopment Central Lecture at the State University of Paraíba - UEPB through the prescriptive method in RTQ - C. Data collection on the ground and through civil plants of the building was carried out. With all of the data to calculate the indicator Consumption (IC) was performed. With the value of IC_{env} and analyzing the prerequisites of the envelope (transmittance of roofs and walls, roofs and walls of absorptâncias, and overhead lighting), determines the classification of the level of energy efficiency of envelopment, which has level E. As the envelope is the baseline requirement in the classification of the building, he has final rankings E. for the edification studied could improve your energy efficiency would require the replacement of the roofing of the building.

Key words: Energy efficiency, RTQ-C, Envelopment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Oferta interna de energia no mundo e no Brasil.....	19
Figura 2.2 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil.....	20
Figura 2.3 – ENCE do Projeto e da Edificação Construída.....	26
Figura 2.4 – ENCE Parcial da Envoltória, ENCE Parcial da Envoltória e Iluminação e ENCE Parcial da Envoltória e Condicionamento de Ar ..	27
Figura 3.1 – Central Integrada de Aulas: Fachadas Sul e Leste.....	31
Figura 3.2 – Fluxograma com os passos a serem seguidos para a escolha da equação de IC.....	40
Figura 3.3 – Ilustração do cálculo de IC.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Parâmetros para cálculo do Indicador de consumo da envoltória, Indicador de Consumo máximo e mínimo.....	47
Tabela 5.2 – Limites máximos e mínimos do Indicador de Consumo.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Consumo de energia elétrica no Brasil por setor, no biênio 2011-2012.....	21
Quadro 2.2 – Equivalente numérico para cada nível de eficiência	24
Quadro 2.3 – Combinação de métodos de avaliação para obtenção da Classificação Geral.....	27
Quadro 2.4 – Relação entre Nível de Eficiência e Equivalente Numérico.....	29
Quadro 3.1 – Síntese dos pré-requisitos da envoltória.....	34
Quadro 3.2 – Transmitância térmica máxima da cobertura.....	35
Quadro 3.3 – Síntese das exigências para transmitância térmica máxima de paredes exteriores.....	36
Quadro 3.4 – Relação entre Percentual de Aberturas Zenital e Fator Solar.....	37
Quadro 3.5 - Agrupamento das Zonas Bioclimáticas.....	38
Quadro 3.6 - Fator de forma máximo e mínimo por Zona Bioclimática.....	39
Quadro 3.7 – Parâmetros de Indicador de Consumo máximo.....	41
Quadro 3.8 – Parâmetros de Indicador de Consumo Mínimo.....	41
Quadro 3.9 – Comparação de parâmetros nas equações Indicador de Consumo....	41
Quadro 3.10– Limite dos intervalos dos índices de eficiência.....	42
Quadro 5.1 – Pré-requisitos para o nível de eficiência.....	48
Quadro 5.2 – Pré-requisitos da envoltória para a Zona Bioclimática 8.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$A_{abertura}$ – Área de Abertura

$A_{aberturaL}$ – Área de Abertura Leste

$A_{aberturaN}$ – Área de Abertura Norte

$A_{aberturaO}$ – Área de Abertura Oeste

$A_{aberturaS}$ – Área de Abertura Sul

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A_{env} – Área da Envoltória

$A_{fachada}$ – Área de Fachada

$A_{fachadaO}$ – Área de Fachada Oeste

AHS – Ângulo Horizontal de Sombreamento

A_{pcob} – Área de Projeção da Cobertura

A_{pe} – Área de Projeção do Edifício

A_{tot} – Área Total Construída

AU – Área Útil

AVS – Ângulo Vertical de Sombreamento

AVS_L - Ângulo Vertical de Sombreamento Leste

AVS_N - Ângulo Vertical de Sombreamento Norte

AVS_O - Ângulo Vertical de Sombreamento Oeste

AVS_S - Ângulo Vertical de Sombreamento Sul

CONPET – Programa nacional da Racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural

C_T – Capacidade Térmica

EEE – Eficiência Energética em Edificações

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Env – Envoltória

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EqNum – Equivalente Numérico

EqNumEnv – Equivalente Numérico de Envoltória

FA – Fator Altura

FF – Fator de Forma

FS – Fator Solar

GEF – Global Environment Facility

IC – Indicador de Consumo

IC_{env} – Indicador de Consumo da Envoltória

IC_{máxD} – Indicador de Consumo Máximo

IC_{mín} – Indicador de Consumo Mínimo

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

LabEEE/UFSC – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/ Universidade Federal de Santa Catarina

OIBE/CERTI – Organismo de Inspeção em Eficiência Energética de Edificações/ Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras

PAF_O – Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste

PAF_T – Percentual de Área de Abertura na Fachada Total

PAZ – Percentual de Abertura Zenital

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia elétrica

RAC-C – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RGR – Reserva Global de Reversão

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

tep – tonelada equivalente de petróleo

U – Transmitância Térmica

U_{cob} – Transmitância Térmica da Cobertura

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFPR – Universidade Federal do Paraná

U_{par} – Transmitância Térmica das paredes

V_{tot} – Volume Total

ZB – Zona Bioclimática

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	18
2.2	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	19
2.3	POLÍTICAS BRASILEIRA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES	21
2.4	REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS	24
2.5	REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS	27
3.0	METODOLOGIA	30
3.1	EDIFICAÇÃO ESTUDADA	30
3.2	COLETA DE DADOS	32
3.3	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COLETA	32
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO	32
3.4.1	<i>Pré-requisitos da Envoltória</i>	33
3.4.2	<i>Determinação do Nível de Eficiência da Envoltória</i>	38
3.4.3	<i>Determinação do Nível de Eficiência Energética da Envoltória</i>	43
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.0	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	53

1.0 INTRODUÇÃO

Desde que o homem começou a se modernizar, qualquer atividade que ele fosse realizar era indispensável o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Essa energia era proveniente de várias fontes como a água, sol, carvão, gás natural, vento, entre outras (DIAS e DA SILVA, 2010).

Dentre todas as formas de energia, a energia elétrica é atualmente a mais utilizada no mundo pela facilidade de geração e transmissão, visto que o uso de máquinas elétricas se tornou indispensável para a evolução do homem. Esta energia no Brasil é gerada principalmente nas usinas hidrelétricas, usando o potencial energético da água. Porém ela também pode ser produzida nas usinas eólicas, termoeletricas, solares e nucleares. A Energia produzida através das águas, do sol e do vento são consideradas energias limpas, por produzirem baixa quantidade de poluentes, além de serem “renováveis” (DIAS e DA SILVA, 2010).

Em pleno terceiro milênio, os avanços tecnológicos em geração de energia, transmissão e uso final, permite que ela chegue aos mais isolados lugares do planeta, transformando regiões desocupadas ou pouco desenvolvidas em polos industriais e grandes centros urbanos. Os impactos dessas transformações socioeconômicas são facilmente observados em nosso cotidiano, até mesmo através de imagens de satélite (ANEEL, 2009).

Apesar dos avanços tecnológicos, cerca de um terço da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso, e uma parcela considerável é atendida de forma muito precária. No panorama nacional, a situação é menos crítica, mas ainda muito preocupante. Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de recursos energéticos, há uma enorme diversidade regional e forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com sérios problemas de suprimento energético. Como indicado pelo último censo demográfico, mais de 80% da população brasileira vive na zona urbana. A grande maioria desse contingente vive na periferia dos grandes centros urbanos, onde as condições de infraestrutura são altamente deficitárias (ANEEL, 2009).

A crise energética de meados da década de 1970 levou o mundo ao questionamento quanto à escassez dos recursos naturais e necessidade da utilização racional de energia buscando eliminar os desperdícios, com o máximo

desempenho e o menor custo possível. A partir desta época deu-se o desenvolvimento de diversas iniciativas na busca pela redução do consumo energético e consequente investimento em programas de energia renovável (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009). As fontes disponíveis ficaram com custos mais elevados e a conservação de energia e o uso responsável das fontes energéticas passaram a serem opções para redução do gasto com energia elétrica e impacto ambiental da construção de novas usinas geradoras.

Com a crise, diversos países começaram a estruturar agências públicas específicas a fim de implantar programas de conservação de energia que visassem informar, difundir, conscientizar, pesquisar e implementar ideias para conservação de energia. O fato é que o pensamento conservacionista ganhou força em todo o mundo, especialmente após a edição do Protocolo de Kyoto, em 1997, quando 160 países decidiram que seria necessário limitar as emissões de gases estufa nos países industrializados e que seria criada a ferramenta Crédito de carbono¹ (ARAÚJO, 2008; LIMIRO, 2009).

No Brasil o estímulo ao uso eficiente da energia elétrica tem sido aplicado de maneira sistemática desde 1985, quando o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), de âmbito nacional e coordenado pela Eletrobrás. Em 1993, em colaboração com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), foi lançado o selo PROCEL que ganhou expressividade a partir do racionamento de 2001, como consequência da crise de energia no país (ANEEL, 2009).

Uma ação bastante difundida entre os programas de eficiência energética tem sido o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO, que provém informação ao consumidor quanto ao desempenho energético de equipamentos e edificações, tipicamente com ênfase em eletricidade. Dessa forma, pretende-se que a eficiência seja um atributo considerado pelos consumidores, valorizando os produtos mais eficientes em relação aos demais e estimulando produtores e importadores a fornecerem equipamentos de melhor desempenho energético.

¹Créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissões (RCE) são certificados emitidos para uma pessoa ou empresa que reduziu a sua emissão de gases do efeito estufa (GEE).

Os produtos são ensaiados em laboratórios e etiquetados com a classificação de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente). Com essa informação no momento da compra os brasileiros podem escolher os produtos mais econômicos e, conseqüentemente, favorecer a fabricação dos mais eficientes.

O PBE hoje tem 38 programas, em diferentes níveis de implementação. Algumas categorias são avaliadas há mais de 20 anos, como refrigeradores e condicionadores de ar. Outros são mais recentes, como lavadoras, fogões, fornos a gás, aquecedores a gás, coletores solares, lâmpadas, televisores, chuveiros elétricos e ventiladores de teto. Novos programas estão em pleno funcionamento: veículos leves, transformadores, sistemas fotovoltaicos, ventiladores de mesa e também edificações (comerciais, públicas e residenciais).

A etiquetagem energética de edifícios é uma tendência mundial, já adotada por diversos países e em desenvolvimento por outros. No Brasil, a regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética. É de caráter voluntário, com previsão de passar a ter caráter obrigatório.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência energética da Envoltória do prédio da Central de Aulas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), através do método prescritivo descrito no RTQ-C e no Manual de aplicação do RTQ-C.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o desempenho térmico da envoltória da Central Integrada de Aulas através da metodologia prescritiva do RTQ-C para a envoltória;
- Analisar a influência das variáveis arquitetônicas na eficiência energética de edificação estudada;
- Classificar a edificação de acordo com o nível de eficiência da envoltória.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O processo de globalização e uma economia altamente competitiva vêm exigindo das empresas e da população maior eficiência em suas atividades. O uso eficiente da energia elétrica não significa apenas uma redução nas despesas, mas também redução nos impactos ambientais. Além disso, a eficiência energética muitas vezes está ligada a melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo. Deste modo, a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo gasto de energia. É quando se obtém um menor consumo de energia com as mesmas condições ambientais (DIAS e DA SILVA, 2010).

Essa eficiência pode ser conseguida através da compra de equipamentos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética, como: geladeiras, televisores, aparelhos de ar condicionado e outros. Também pela substituição de lâmpadas incandescentes comuns por lâmpadas fluorescentes, já que as incandescentes têm uma eficiência de aproximadamente 8% (esse percentual que é transformado em luz, o resto aquece o meio), enquanto as fluorescentes tem uma eficiência de aproximadamente 32%. Os automóveis também podem ter bons níveis de eficiência energética de acordo com a quantidade de energia disponível no combustível e a quantidade de energia transformada em movimento. Além de economia de energia o uso de equipamentos com bons níveis de eficiência, apesar de serem um pouco mais caros traz um retorno desejado quanto ao gasto de energia e preserva o meio ambiente.

O conceito de eficiência energética pode ser estendido para edifícios residenciais, comerciais, de serviços e públicos. Edificações com arquiteturas que facilite um maior aproveitamento da luz e ventilação natural, tudo isso para evitar gastos com iluminação e condicionamento artificial. Além de proporcionar a conscientização das pessoas que ocupam a edificação para que não desperdicem energia (DIAS e DA SILVA, 2010).

A participação das edificações residenciais, comerciais e públicas, no consumo total de energia elétrica no Brasil, é bastante significativa. A tendência de

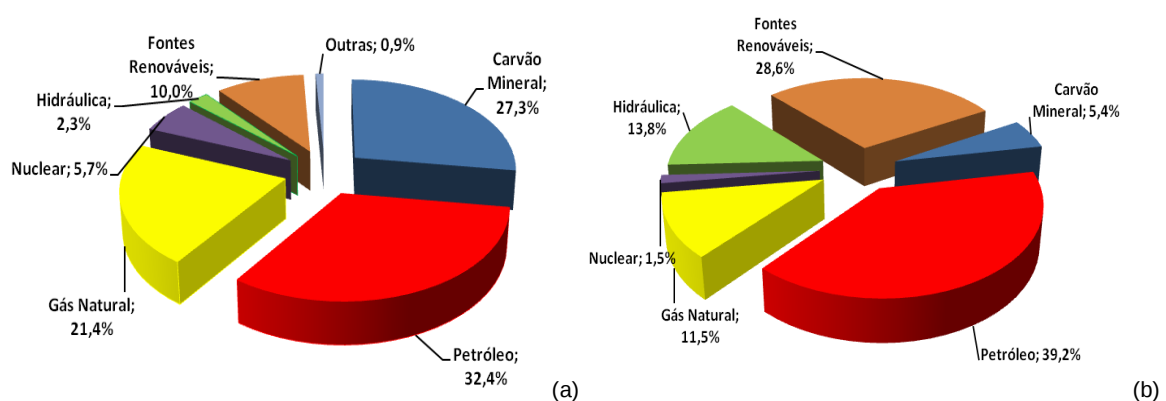
crescimento verificada e estimada é ainda maior, sobretudo, devido à estabilidade da economia, aliada a uma política de melhor distribuição de renda, permitindo o acesso de uma fatia cada vez maior da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias. Soma-se a isto a elevada taxa de urbanização, o setor de serviços em expansão, calcula-se que uma grande parte da energia elétrica produzida no país seja consumida na operação e manutenção das edificações e na promoção de conforto aos seus usuários.

2.2 OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A matriz energética brasileira, energia ofertada à sociedade para produzir bens e serviços, é uma das mais limpas do mundo, já que 42,4% da oferta interna de energia tem sua origem em fontes renováveis (EPE, 2013a).

Na Oferta interna de energia no mundo (Figura 2.1a) as principais fontes de energia são o petróleo e seus derivados (32,4%), o carvão mineral (27,3%) e o gás natural (21,4%).

Figura 2.1 – Oferta interna de energia no mundo (a) e no Brasil (b)



Fonte: EPE, 2013a.

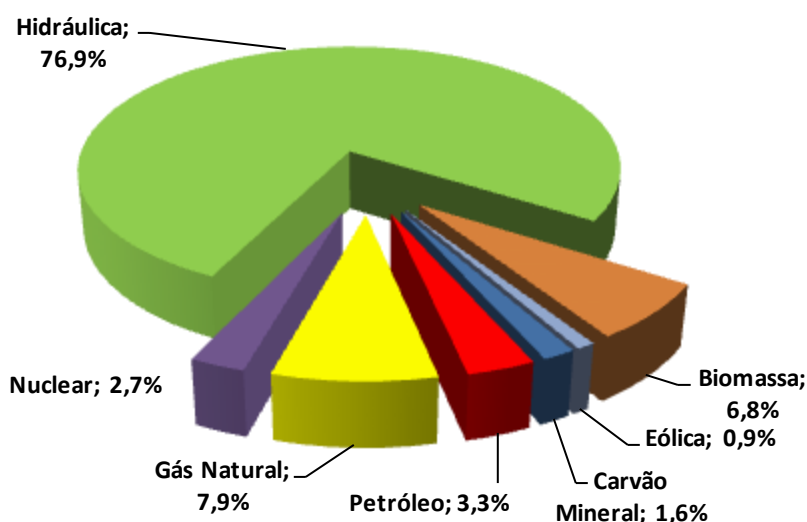
No entanto, como pode ser observado na Figura 2.1b, entre as fontes renováveis da Oferta interna de energia do Brasil em 2012 pode-se destacar a participação da geração hidráulica de 13,8% e outras fontes renováveis de 28,6%.

Os 57,6% restantes vem de fontes fósseis e outras não renováveis (petróleo e derivados – 39,2%, carvão mineral – 5,4%, gás natural – 11,5%, e Urânio – 1,5%).

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 552,5 TWh em 2012, resultado 3,9% superior ao de 2011. Permanece como principal a contribuição de centrais de serviço público, com 85,9% da geração total. Nestas, a principal fonte é a energia hidráulica, que apresentou uma redução de 2,6% na comparação com o ano anterior (EPE, 2013a). Deste modo, ao somar as importações líquidas de 40,3 TWh à geração interna permitiram uma oferta interna de energia elétrica é de 592,8 TWh, valor este 4,4% superior a 2011.

O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, com Oferta interna de energia elétrica de origem hidráulica de 76,9% (Figura 2.2). No entanto, vale ressaltar o crescente aumento da produção de eletricidade a partir da fonte eólica, que em 2012 alcançou 5,1 TWh, o que representou um aumento de 86,7% em relação ao ano anterior, quando alcançou 2,7 TWh (EPE, 2013a).

Figura 2.2 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil



Fonte: EPE, 2013a.

Como pode ser observado no Quadro 2.1, o consumo de energia elétrica em 2012 foi de quase 500 TWh, sendo liderado pelos segmentos de comércio e serviços e residencial.

Quadro 2.1 – Consumo de energia elétrica por setor no biênio 2011-2012

Setor de Consumo	Consumo				Δ % de 2011-2012
	2011		2012		
	GWh	%	GWh	%	
Industrial	209.390	43,5	209.622	42,06	0,1
Residencial	111.971	23,3	117.646	23,60	4,8
Comercial e Serviço	74.056	15,4	79.809	16,01	7,2
Público	38.171	7,9	39.919	8,01	4,4
Outros	47.380	9,9	51.403	10,32	9,8
Total	480.968	100,0	498.399	100,00	3,5

Nota: Outros = Setor energético, setor agropecuário e setor de transporte.

Fonte: EPE, 2013a.

O consumo de energia no setor de comércio e serviços liderou a expansão do consumo de energia com crescimento de 7,2% em 2012. Diversos indicadores setoriais corroboram este resultado, em especial o aquecimento das atividades do setor terciário da economia. A grande participação do setor de serviços na abertura de novos postos de trabalho, de 52% no total de empregos criados no país, resultando num saldo 4,3% maior do que em 2012 (EPE, 2013a), é outro indicativo do aquecimento das atividades neste setor. Além disso, a maior movimentação no subsetor de turismo, do que é indicativo o crescimento de 6,5% no fluxo de passageiros nos aeroportos brasileiros (INFRAERO, 2013), repercute no consumo de energia dos segmentos de alojamento e alimentação. Nessas condições, o consumo de energia da classe comercial superou 79,0 TWh em 2012, correspondendo a 15,4% de toda a energia consumida na rede.

2.3 POLÍTICA BRASILEIRA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

O Brasil possui desde 1985 programas de eficiência energética, reconhecidos internacionalmente, como o Programa Nacional de Conservação de

Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização de uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Mesmo antes destes, ainda em 1975, o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou, em colaboração com o Ministério das Minas e Energia, um seminário sobre conservação de energia, tratando-se, portanto de uma iniciativa pioneira no país (CABRAL, 2006).

O PROCEL foi criado pela Portaria interministerial nº 1.877, de 1985 e em 1993, o PROCEL foi uma das linhas mestras da Campanha Nacional Contra o Desperdício de Energia lançada pelo Ministério das Minas e Energia, tendo um dos seus projetos de maior êxito a concessão anual do Selo PROCEL de Economia de Energia. A ideia era estimular a fabricação de equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e competitivos.

O PROCEL dispõe dos seguintes subprogramas:

- PROCEL Avaliação (Resultados das Ações de Eficiência Energética)
- PROCEL Edifica (Eficiência Energética em Edificações)
- PROCEL Educação (Informação e Cidadania)
- PROCEL EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos)
- PROCEL GEM (Gestão Energética Municipal)
- PROCEL Indústria (Eficiência Energética Industrial)
- PROCEL Info (Centro Brasileiro de Informação em Eficiência Energética)
- PROCEL Marketing (Conscientização e Informação)
- PROCEL Reluz (Eficiência Energética na Iluminação Pública)
- PROCEL Sanear (Eficiência Energética no Saneamento Ambiental)
- PROCEL Selo (Eficiência Energética em Equipamentos)

Todos esses subprogramas tem o mesmo objetivo, que é promover o adequado e racional uso da energia propiciando o desenvolvimento econômico, sustentável sem causar impactos no meio ambiente.

O PROCEL estabelece metas de redução de conservação de energia que são consideradas no planejamento do setor elétrico, dimensionando as necessidades de expansão da oferta de energia e da transmissão. Dentre elas, destacam-se:

- Redução nas perdas técnicas das concessionárias;

- Racionalização do uso da energia elétrica;
- Aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos;
- Se for mantida a estrutura atual de uso da energia, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano;
- Diminuindo-se os desperdícios, estima-se uma redução anual de até 130 TWh.

Em 2001, o Brasil se deparou com um grave problema de falta de energia que teve origem em duas causas: a escassez de chuvas onde reduziu o nível de água dos reservatórios provocando a falta de funcionamento pleno das hidroelétricas, e a ausência de outras fontes de geração de energias alternativas as hidroelétricas. A partir daí foram adotadas diferentes medidas para novas fontes de geração de energia, como a construção de usinas termelétricas para serem usadas em casos emergenciais, assim como soluções que visassem à redução de seu consumo (BOTTAMEDI, 2011).

Nesse ano foi sancionada a Lei Nº 10.295 que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a) e o Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b) que regulamentou a Lei estabelecendo “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”.

O Decreto criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT- MME) para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001b).

Em 2003 foi lançado o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica) que desenvolve e apoia projetos na área de conservação de energia em edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, sendo estabelecidas seis vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação.

A regulamentação brasileira para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação

de edificações quanto à eficiência energética, sendo o objetivo da regulamentação criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética das edificações.

A classificação das edificações pode ser realizada através de dois métodos: o Prescritivo e o de Simulação. O Método Prescritivo se caracteriza pela adoção de equações, tabelas e parâmetros limites, onde é obtida uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial dos sistemas e total do edifício. O Método de Simulação utiliza um programa de simulação computacional, onde o desempenho do edifício é comparado ao desempenho de edifícios referenciais de acordo com o nível de eficiência. O nível de eficiência da edificação e/ou dos sistemas é indicado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e a concessão da etiqueta de eficiência energética é realizada através do INMETRO.

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A a E. Os pesos ficaram distribuídos da seguinte forma: 30% para o sistema de iluminação, 40% para o sistema de condicionamento de ar e 30% para a envoltória. Os equivalentes numéricos adotados (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

Nível de eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

2.4 REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS

As metodologias para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais são: os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de

Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) que se encontram definidos nas portarias publicadas pelo INMETRO.

O RTQ-C e o RAC-C foram lançados em 2009, através das Portarias Nº 53 de 27 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009a) e Nº 185 de 22 de junho de 2009, respectivamente (BRASIL, 2009c). O RTQ-C passou por quatro revisões: Portaria Nº 163 em 08 de junho de 2009 (BRASIL, 2009b), Portaria Nº 372 em 17 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010a), Portaria Nº 17 em 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012a) e Portaria Nº 299 em 19 de junho de 2013 e o RAC-C por duas revisões: Portaria Nº 395 em 11 de outubro de 2010 (BRASIL, 2010b) e Portaria Nº 50 em 01 de fevereiro de 2013 (BRASIL, 2013a).

O RTQ-C aplica-se a edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto de uso residencial e comercial, como de uso residencial e de serviços ou de uso residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente.

Por meio da aplicação do procedimento descrito no RTQ-C é possível a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), a qual especifica o nível de eficiência que alcança a edificação, classificando-a entre os níveis A (mais eficiente) e E (menos eficiente).

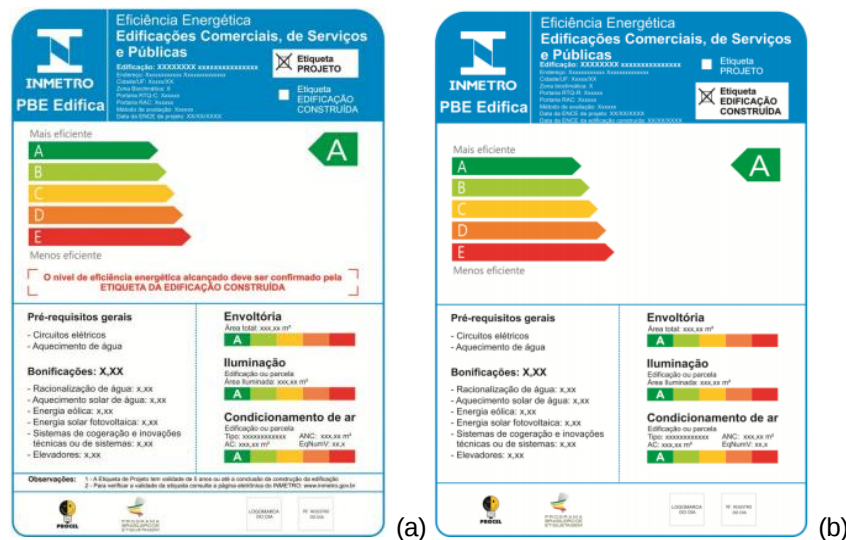
A ENCE é obtida através de avaliação dos requisitos contidos no RTQ-C para o edifício usando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada através dos métodos prescritivo ou de simulação. O método prescritivo é baseado na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão. Em edificações onde o PAF_T é elevado, os vidros possuem alto desempenho e/ou os elementos de sombreamento são diferenciados por orientação, recomenda-se utilizar o método de simulação ou ferramentas de simulação simplificadas.

A etiqueta pode ser fornecida tanto na fase de projeto quanto na edificação construída. A classificação geral inclui todos os sistemas mais bonificações e referem-se ao edifício completo ou a uma parte deste (Figura 2.3). As classificações parciais permitem a etiquetagem parcial dos sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), que podem referir-se ao edifício ou a parcelas do mesmo (Figuras 2.4). As etiquetas parciais referem-se à eficiência dos sistemas

separadamente, enquanto que a etiqueta geral é definida por uma equação que contém pesos para balancear a relação entre os sistemas. Destacando que mesmo que os sistemas sejam avaliados separadamente, a avaliação da Envoltória é obrigatória e esta deve ser feita para o edifício completo.

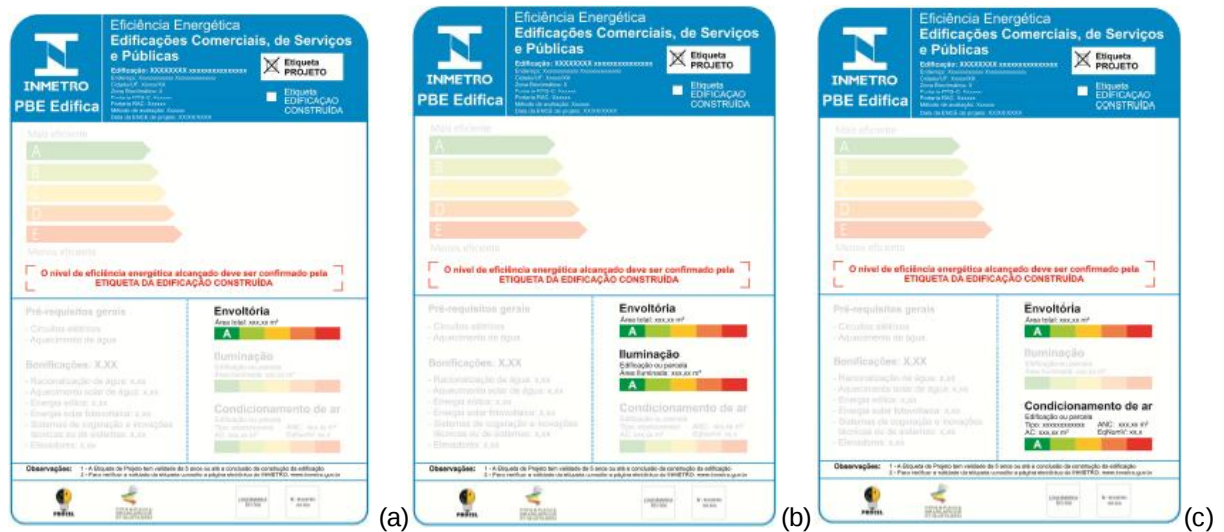
Algumas edificações podem obter classificações parciais para os níveis de eficiência dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, no qual podem ser estabelecidos para um pavimento específico, um conjunto de salas ou para áreas de uso comum, sendo que a envoltória é estabelecida somente para a edificação completa.

Figura 2.3 – ENCE de Projeto (a) e da Edificação Construída (b)



Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

Figura 2.4 – ENCE Parcial da Envoltória (a), ENCE Parcial da Envoltória e Iluminação (b) e ENCE Parcial da Envoltória e Condicionamento de Ar (c)



Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

A classificação geral poderá ser obtida após a avaliação dos três sistemas parciais, desde que as avaliações parciais tenham sido realizadas a partir de uma das combinações apresentadas no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Combinações de métodos de avaliação para obtenção da Classificação Geral

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

2.5 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) foi elaborado em 2009 pelo

o Inmetro e revisado em 2010, especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. Os edifícios submetidos a este RTQ-C devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis. É importante ressaltar que a visão deste RTQ-C é a eficiência energética da edificação e que este, os organismos de inspeção acreditados e o INMETRO se eximem dos problemas que porventura possam ser causados à edificação pela não observância das normas da ABNT, que são de exclusiva atribuição do projetista. O objetivo do RTQ-C é criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.

O RTQ-C aplica-se a edifícios comerciais, de serviços e públicos, condicionada, parcialmente condicionada ou não-condicionada, com área útil igual ou superior a 500m², ou que sejam atendidos por alta tensão. Por meio da aplicação do procedimento descrito no RTQ-C é possível a obtenção da etiqueta ENCE, a qual especifica o nível de eficiência alcançada pela edificação, classificando-a entre A(mais eficiente) e E(menos eficiente). A ENCE poderá ser fornecida em três momentos: no projeto da edificação, na edificação pronta, e após uma possível reforma. São usados dois métodos para determinar a eficiência: Prescritivo e Simulação.

O método prescritivo pode ser aplicado em qualquer cidade a partir a sua zona bioclimática (ZB 1 a 8), a qual pertence. O método de simulação necessita de um programa específico de simulação energética, no qual suas características específicas são definidas por regulamentação.

Ambos os métodos devem atender aos pré-requisitos dos três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. São através desses pré-requisitos que pode ser determinado o nível de eficiência para cada sistema.

Os equivalentes numéricos para os níveis alcançados por cada sistema são obtidos de acordo com o Quadro 2.4:

Quadro 2.4 – Relação entre Nível de Eficiência e Equivalente Numérico

Equivalente Numérico	Nível de Eficiência
5	A
4	B
3	C
2	D
1	E

Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

A classificação geral da edificação é calculada de acordo com a ponderação do equivalente numérico para cada um dos seus sistemas avaliados, sendo 30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar. Soma-se a estes a pontuação por bonificações alcançadas pela edificação. Finalmente, com a pontuação total obtida pela edificação, verifica-se o nível de eficiência correspondente a pontuação.

Para determinar a eficiência da envoltória pelo RTQ-C é necessário que a classificação seja realizada para a edificação inteira, nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, o nível de eficiência pode ser realizado para um pavimento ou conjunto de salas.

O RTQ-C apresenta bonificações que são iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, onde poderão receber até um ponto na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada. Essas podem ser: sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores; sistemas ou fontes renováveis de energia, como edificações que possui aquecimento solar de água, a utilização de energia eólica ou painéis fotovoltaicos; e sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, como iluminação natural, que aumentem a eficiência energética da edificação.

3.0 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa elaborada a partir de um estudo de caso. O trabalho consistiu na aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C para obtenção do desempenho térmico da Central Integrada de Aulas da UEPB.

A coleta de dados, baseado na técnica de observação direta intensiva (LAKATOS; MARCONI, 2007), partiu do levantamento de informações dos projetos, memoriais e in loco. O método de avaliação utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética da envoltória foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-C.

3.1 EDIFICAÇÃO ESTUDADA

A edificação analisada, denominada Central Integrada de Aulas, possui caráter público, localizada na Universidade Estadual da Paraíba, na Rua Baraúnas, 351, Bairro Universitário na cidade de Campina Grande – PB.

A edificação possui uma área total de $A_{tot} = 28859,5 \text{ m}^2$ dividida em 4 (quatro) pavimentos (Figura 3.1). As atividades realizadas na edificação são de ensino, pesquisa e extensão, distribuída em 4 (quatro) laboratórios de informática, 140 (cento e quarenta) salas de aulas, 3 (três) auditórios, 2 (duas) bibliotecas e área de integração dos alunos e do ensino.

Os materiais construtivos utilizados foram os convencionais habituais da construção civil, com paredes de meia vez (paredes com tijolos assentados em sua menor dimensão) executadas em tijolos cerâmicos de oito furos, reboco e argamassa.

A cobertura é composta por telhas de fibrocimento e de alumínio sobre a laje de concreto. Janelas e portas de alumínio com e sem vidros. .

Figura 3.1 – Central Integrada de Aulas: Fachadas Sul (a) e Leste



(a)



(b)

Fonte: O Autor (2014)

O sistema de condicionamento de ar é individual, com poucos ambientes são condicionados. Todo o edifício é na cor branca.

De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) a cidade pertence à Zona Bioclimática 8 (ZB8).

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada de duas etapas: primeiramente foi feita a análise das plantas arquitetônicas da edificação e em seguida foi feito o levantamento *in loco*.

A determinação do nível de eficiência da envoltória segue o RTQ-C (BRASIL, 2012b), o qual descreve a metodologia que deverá ser adotada para a classificação do nível de eficiência da envoltória.

O método de avaliação da envoltória compreende o estudo do desempenho térmico da mesma que, segundo o RTQ-C, é definida como sendo “o conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem”. Não estão incluídos pisos, estejam eles ou não em contato com o solo. A envoltória possui relação direta com os níveis de conforto da edificação e sua aplicação de acordo com o RTQ-C, neste estudo limitou-se apenas à sua avaliação do nível de eficiência energética.

3.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COLETA

Para as medições das áreas pertinentes à envoltória e a cobertura *in loco* foram utilizados trena, caderno de anotações e câmera fotográfica.

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com o manual para aplicação dos regulamentos: RTQ-C e RAC-C, tem que se usar uma metodologia específica para cada sistema (Envoltória, Iluminação, Condicionamento de Ar) para poder obter a ENCE.

A análise da envoltória é o mais importante, porque é através dela que se determina o nível geral de eficiência da edificação, independente do nível dos outros dois sistemas. Por exemplo, se os sistemas de iluminação e condicionamento de ar

obtiveram classificação A e o sistema da envoltória obtiver nível C, a classificação geral da edificação terá o nível C.

Os pré-requisitos gerais são necessários para a obtenção da classificação geral do nível de eficiência do edifício. O não atendimento não impede as classificações parciais, mas impede a obtenção de uma etiqueta completa de nível de eficiência A, B ou C. Ou seja, o edifício terá eficiência D na classificação geral mesmo que as etiquetas parciais indiquem nível de eficiência A.

O primeiro item refere-se à medição centralizada por uso final. Exige que o circuito elétrico seja projetado separadamente de forma a permitir medições quando necessário. Hotéis são exceções por ser comum possuírem circuitos integrados por quarto que são desligados automaticamente quando o hóspede sai do quarto. E edifícios com múltiplas unidades autônomas de consumo possuem um medidor de energia por unidade de consumo, o que impede a existência de um quadro geral com circuitos separados por uso final.

O outro item diz respeito ao Aquecimento de água, onde o nível de eficiência depende do tipo de sistema de aquecimento de água. Para alcançar o nível A deve-se utilizar aquecimento solar a gás, bombas de calor ou por reuso de calor.

3.4.1 Pré-requisitos da Envoltória

A envoltória deve estar de acordo com pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado o nível, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. O Quadro 3.1 mostra como o número de pré-requisitos a serem atendidos aumenta com o melhoramento do nível de eficiência. Adicionalmente, alguns requisitos de transmitância térmica do nível A são mais rigorosos que do nível B que são mais rigorosos que dos níveis C e D.

Quadro 3.1– Síntese dos pré-requisitos da envoltória

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

Quanto ao pré-requisito referente à transmitância devem ser consideradas apenas as transmitâncias de superfícies em contato com a área interna, superfícies como platibandas não entram no cálculo da transmitância.

Transmitância Térmica da Cobertura

De acordo com o regulamento para aplicação do RTQ-C, o primeiro pré-requisito para análise da envoltória é a transmitância térmica. Esse item se diferencia dos demais por exigir diferentes limites de propriedades térmicas para as coberturas e paredes externas.

O RTQ-C apresenta duas transmitâncias térmicas máximas, de acordo com o condicionamento dos ambientes do último pavimento ou de uma edificação térrea. A primeira refere-se às coberturas de ambientes condicionados artificialmente e a segunda às coberturas de ambientes não condicionados artificialmente. Também define que a transmitância térmica seja uma média ponderada das diversas transmitâncias existentes quando a cobertura é composta por diferentes materiais (por exemplo: teto jardim, telha metálica, laje de concreto, etc.), portanto, por diferentes transmitâncias para o mesmo tipo de ambiente, condicionado ou não.

O Quadro 3.2, mostra os níveis máximos de transmitância térmica da cobertura para cada nível de eficiência, de acordo com a zona Bioclimática.

Quadro 3.2 – Transmitância térmica máxima da cobertura

Nível de Eficiência	Zona Bioclimática	Ambientes condicionados artificialmente	Ambientes não condicionados
A	1 e 2	0,50 W/m ² .K	1,00 W/m ² .K
	3 a 8	1,00 W/m ² .K	2,00 W/m ² .K
B	1 e 2	1,00 W/m ² .K	1,50 W/m ² .K
	3 a 8	1,50 W/m ² .K	2,00 W/m ² .K
C e D	1 a 8	2,00 W/m ² .K	2,00 W/m ² .K

Transmitância Térmica das Paredes

Os limites de desempenho mínimos dos pré-requisitos do nível A para as paredes externas dividem-se em dois agrupamentos de zonas bioclimáticas, diferente da cobertura que varia conforme o condicionamento do ambiente. Para as zonas bioclimáticas 7 e 8, o limite de transmitância térmica varia ainda de acordo com a capacidade térmica do material.

O Quadro 3.3 apresenta uma síntese relacionando níveis de eficiências, transmitâncias térmicas limite, zonas bioclimáticas e capacidade térmica.

Quadro 3.3 – Síntese das exigências para transmitância térmica máxima de paredes exteriores

Nível de Eficiência	Zona Bioclimática	Transmitância térmica máxima	
A	1 e 2	1,0 W/m ² K	
	3 a 6	3,7 W/m ² K	
	7 e 8	2,5 W/m ² K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 KJ/m ² K	3,7 W/m ² K para paredes com capacidade térmica superior a 80 KJ/m ² K
B	1 e 2	2,0 W/m ² K	
	3 a 6	3,70 W/m ² K	
	7 e 8	2,5 W/m ² K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 KJ/m ² K	3,7 W/m ² K para paredes com capacidade térmica superior a 80 KJ/m ² K
C e D	1 a 6	3,70 W/m ² K	
	7 e 8	2,5 W/m ² K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 KJ/m ² K	3,7 W/m ² K para paredes com capacidade térmica superior a 80 KJ/m ² K

Cores e Absortância da Superfície

A absorptância solar é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. A cor é utilizada como indicação da absorptância quando não há possibilidade de medição: cores mais claras têm absorptâncias mais baixas. É possível obter a especificação da absorptância solar pelo fabricante, como os fabricantes de tintas ou de cerâmicas, ou obter resultados de medições previamente realizadas.

Para garantir envoltórias mais eficientes, o RTQ-C determina uma absorptância máxima de 0,4 para os materiais de revestimento externo das paredes (onde incide a radiação solar) para as Zonas Bioclimáticas de 2 a 8. A Zona Bioclimática 1 (cidades mais frias do Brasil, como Curitiba) é excluída para permitir absorptâncias elevadas que podem aumentar os ganhos térmicos por radiação nos edifícios no inverno.

Para coberturas não aparentes, a absorptância solar máxima também é de 0,4 exceto para coberturas de teto-jardim ou de telhas cerâmicas não esmaltadas. Estas coberturas apresentam bom desempenho térmico independente da

absortância solar: o teto-jardim devido a efeitos como a evapotranspiração e as telhas cerâmicas não esmaltadas devido à sua porosidade. As coberturas aparentes podem possuir absortâncias maiores que esta, uma vez que fazem parte da composição da fachada do edifício. A absortância solar da fachada e cobertura é a absortância média ponderada pela área.

Iluminação Zenital

Aberturas zenitais permitem que a luz natural penetre nos ambientes internos, possibilitando a redução no consumo de eletricidade em iluminação. No entanto, o RTQ-C demonstra penalizar esta prática ao exigir percentuais reduzidos de aberturas zenitais para o nível A.

Quadro 3.4 – Relação entre Percentual de Aberturas Zenital (PAZ) e Fator Solar (FS)

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Conforme se pode verificar no Quadro 3.4 do RTQ-C, esta exigência garante que a entrada de luz natural no edifício não implique, simultaneamente, em uma elevação da carga térmica pela radiação solar. Portanto, quanto maior a área de abertura zenital, menores os fatores solares. Um menor PAZ pode usar vidros ou materiais transparentes ou translúcidos com maior fator solar e vice-versa. Esta exigência não restringe a exploração da luz natural, pois atualmente existem vidros de elevado desempenho térmicos existentes no mercado, além da possibilidade de uma boa distribuição das aberturas em uma área máxima de 5% da área da cobertura. Em outras palavras, um bom projeto de iluminação, com aberturas bem distribuídas e com vidros de elevado desempenho tem condições de alcançar um bom percentual de horas de aproveitamento da luz natural ao longo do ano, proporcionando uma significativa economia de energia elétrica. O limite máximo de 5% de PAZ pode ser ultrapassado caso o método de avaliação do nível de eficiência seja a simulação do desempenho energético da edificação.

Outra solução é o aproveitamento de iluminação zenital a partir de aberturas em planos verticais, ou com inclinação superior a 60° com o plano horizontal, aberturas em que a incidência direta da radiação solar, nas horas mais quentes do dia, é menor. Estas aberturas serão contabilizadas como parte de PAF_T , independentemente da sua localização no edifício.

3.4.2 Determinação do Nível de Eficiência da Envoltória

O cálculo do indicador de consumo (IC) visa prever como a envoltória de um edifício vai impactar o seu consumo de energia. Através do cálculo do IC é possível identificar envoltórias mais eficientes. A envoltória protege o interior do edifício. Quanto mais expõe o interior do edifício, maior a troca térmica permitida entre o interior e o exterior.

O território Brasileiro abrange diferentes situações climáticas que exigem estratégias distintas para alcançar condições de conforto térmico e da eficiência energética das edificações. Como estas estratégias alteram o consumo de energia, foram elaboradas diferentes equações para o cálculo do Indicador de Consumo. O RTQ-C usa a norma NBR 15.220 - Parte 3, que estabelece oito zonas bioclimáticas para o Brasil, esta mesma norma contém uma lista contendo algumas cidades brasileiras e as zonas bioclimáticas a que as mesmas pertencem.

Para efeitos do RTQ-C, algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas, pois as simulações não mostraram diferenças significativas entre os consumos de energia de edificações simulados nas respectivas zonas. O Quadro 3.5 apresenta as zonas bioclimáticas agrupadas e não agrupadas.

Quadro 3.5– Agrupamento das Zonas Bioclimáticas

Zona bioclimática não agrupada	Zona bioclimática agrupada
ZB1	
	ZB2 e ZB3
	ZB4 e ZB5
ZB7	
	ZB6 e ZB8

Para cada Zona Bioclimática, agrupada ou não, existem duas equações diferentes de acordo com a área de projeção do edifício (A_{pe}): para A_{pe} menores que 500 m² e para A_{pe} maiores que 500 m². Em caso de terraços ou edificações de forma irregular, A_{pe} deve ser considerada como a área de projeção do edifício no plano horizontal. Também se deve frisar que estes 500 m² referem-se à área de projeção do edifício e não à área útil.

Para cada uma destas equações (A_{pe} maior ou menor que 500 m²) há limites máximos e mínimos para o Fator de Forma (A_{env}/V_{tot}). As equações para $A_{pe} > 500$ m² são válidas para um Fator de Forma mínimo permitido. Já as equações $A_{pe} < 500$ m² são válidas para um Fator de Forma máximo permitido. Acima ou abaixo destes valores, devem-se adotar os valores limites nas equações. O Quadro 3.6 apresenta os valores limites do fator de forma para cada zona bioclimática.

Quadro 3.6– Fator de forma máximo e mínimo por Zona Bioclimática

Zona bioclimática	$A_{pe} < 500\text{m}^2$ Fator de forma máximo	$A_{pe} > 500\text{m}^2$ Fator de forma mínimo
1	0,60	0,17
2 e 3	0,70	0,15
4 e 5	0,75	Livre
6 e 8	0,48	0,17
7	0,60	0,17

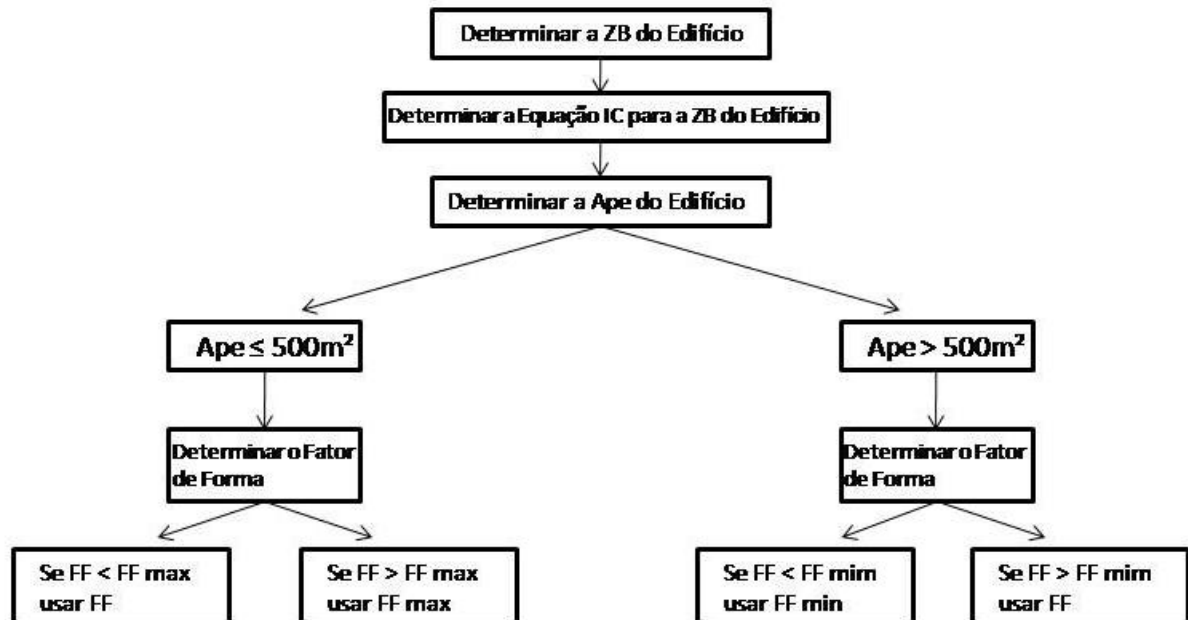
Para iniciar o cálculo do Indicador de Consumo é necessário calcular as seguintes variáveis:

- A_{pe} : Área de projeção do edifício (m²);
- A_{tot} : Área total de piso (m²);
- A_{env} : Área da envoltória (m²);
- AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus);
- AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus);
- FF: (A_{env} / V_{tot}), Fator de Forma;
- FA: (A_{pcob} / A_{tot}), Fator Altura;
- FS: Fator Solar;
- PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação);

- V_{tot} : Volume total da edificação (m^3).

Na figura 3.2, é mostrado os passos necessários para poder escolher a equação do indicador de consumo correta.

Figura 3.2 – Fluxograma com os passos a serem seguidos para a escolha da equação de IC



Fonte: Manual do: RTQ-C, 2013

Em relação ao AHS e AVS, o valor máximo para uso na equação é 45° . Se o valor de AHS e AVS for maior, deve-se usar 45° no cálculo do IC.

Fachada Oeste e PAF_T : Na equação, o Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF_T) corresponde a um valor médio do percentual de aberturas de todas as fachadas. Para ousar deste valor, deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste (PAF_O) e do PAF_T . Se o PAF_O for pelo menos 20% maior que o PAF_T , deve-se adotar o PAF da fachada oeste na equação.

De posse de todas as variáveis, o IC é calculado para três tipos de envoltórias: IC_{env} , $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$. O cálculo do IC_{env} é realizado usando os dados de projeto do edifício. A exceção é quando AHS ou AVS é maior que 45° , em que se usa o valor limite, ou quando o Fator de Forma excede os limites de cada equação. O cálculo do $IC_{máxD}$ faz-se usando a mesma equação com os mesmos dados de Fator de Forma e Fator Altura usados no cálculo de IC_{env} . Os dados PAF_T , FS, AVS, AHS utilizados são mostrados nos Quadros 3.7 e 3.8 a seguir:

Quadro 3.7 – Parâmetros de Indicador de Consumo Máximo

PAF_T	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Para o cálculo do $IC_{\min}$, usa-se os mesmos quatro parâmetros - PAF_T, FS, AVS, AHS - de acordo com o Quadro 3.7. Os AVS e AHS são zero, como no cálculo do $IC_{\max D}$.

Quadro 3.8 – Parâmetros de Indicador de Consumo Mínimo

PAF_T	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

O Quadro 3.9 compara os dados de entrada de IC_{env} , $IC_{\max D}$ e $IC_{\min}$ e sintetiza as semelhanças e diferenças entre eles.

Quadro 3.9– Comparação de parâmetros nas equações de Indicador de Consumo

IC_{env}	IC_{máxD}	IC_{mín}
A_{pe}	IGUAL	IGUAL
A_{pcob}	IGUAL	IGUAL
A_{tot}	IGUAL	IGUAL
A_{env}	IGUAL	IGUAL
V_{tot}	IGUAL	IGUAL
FA	IGUAL	IGUAL
FF	IGUAL	IGUAL
PAF_T	Alterar para 0,60	Alterar para 0,05
FS	Alterar para 0,61	Alterar para 0,87
AVS	Alterar para 0	Alterar para 0
AHS	Alterar para 0	Alterar para 0

O resultado de $IC_{\min}$ representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria. Uma vez obtidos IC_{env} , $IC_{\max D}$ e de $IC_{\min}$ procede-se para o cálculo dos

limites dos níveis de eficiência para o edifício estudado. Apesar de AHS e AVS serem zero, o $IC_{mín}$ representa um Indicador de Consumo baixo. Como o vão (PAF_T) já é pequeno, o sombreamento foi dispensado, evitando o escurecimento do ambiente. Além disso, como a parte inicial do processo de desenvolvimento do regulamento foi um levantamento nacional sobre edifícios comerciais no Brasil, constatou-se que o uso de AVS é raro e de AHS é quase nulo.

A determinação dos limites de eficiência da envoltória é realizada através dos $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$. Os indicadores de consumo $IC_{máxD}$, e $IC_{mín}$ formam um intervalo (i) a ser dividido em quatro partes iguais, como mostrado na Equação 3.1 abaixo, que define o intervalo de mudança do nível de eficiência, como indicado no Quadro 3.10, presente no RTQ-C.

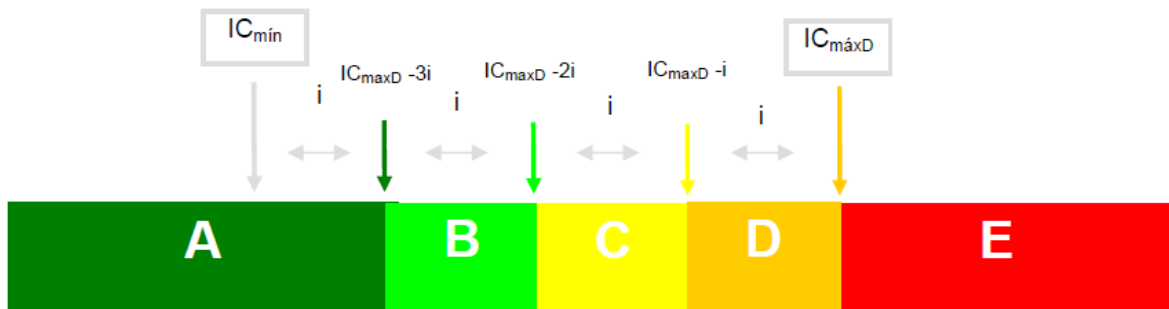
$$i = \frac{IC_{máxD} - IC_{mín}}{4} \quad (3.1)$$

Quadro 3.10 – Limite dos intervalos dos índices de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD}$
Limite Máximo	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

O valor de i e de seus múltiplos é subtraído de $IC_{máxD}$ formando assim os quatro intervalos. A Figura 3.4 mostra a abrangência do intervalo (i) na escala de Indicadores de Consumo.

Figura 3.3 – Ilustração do cálculo de IC



Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

Como podemos observar o $IC_{máxD}$ é o limite entre os níveis D e E. Um edifício tem classificação E sempre que o IC for superior ao valor de $IC_{máxD}$. O nível E não possui limite máximo. Da mesma forma, o nível A não apresenta limite inferior de Indicadores de Consumo, como mostrado no Quadro 3.9. O $IC_{mín}$ é utilizado para calcular os limites dos diversos níveis mas não limita diretamente nenhum nível de eficiência. Desta forma, as barras representando os níveis A e E na Figura 3.4 apresentam um comprimento maior que as dos outros níveis para ressaltar a inexistência de limite inferior para a eficiência A e de limite superior para E.

Para a determinação do nível de eficiência da envoltória, é necessário conhecer o $IC_{mín}$ e $IC_{máxD}$, e verificar a posição de IC_{env} na escala, de acordo com os intervalos de eficiência.

3.4.3 Determinação do Nível De Eficiência Energética da Envoltória

Nesse item, é apresentada a descrição das análises realizadas, sem os resultados das medições, mas sim as variáveis obtidas nas análises. Os valores numéricos são apresentados no capítulo seguinte, resultados.

Através da análise da obra concebida foram obtidos os valores das seguintes variáveis: A_{pe} , A_{pcob} , A_{tot} , A_{env} , $A_{fachada}$ e V_{tot} .

De posse destas variáveis foi determinado os valores para FA e FF através das Equações 4.1 e 4.2:

$$FA = \frac{A_{pe}}{A_{tot}} \quad (4.1)$$

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (4.2)$$

O valor de FS foi obtido junto à pesquisa elaborada na internet e através da Equação 4.3 abaixo, onde foi feito uma ponderação:

$$FS = U \times \alpha \times R_{se} \times \tau \quad (4.3)$$

Onde:

FS = fator solar

U = transmitância térmica

α = absorptância à radiação solar

R_{se} = resistência à radiação solar

τ = transmitância à radiação solar

O valor do PAF_T foi obtido através da Equação 4.4:

$$PAF_T = \frac{A_{abertura}}{A_{env}} \quad (4.4)$$

$A_{abertura}$ é calculada através da soma de todas as áreas de abertura em todas as fachadas.

Para o cálculo do PAT_O (fachada Oeste), utilizou-se a Equação 4.5:

$$PAF_O = \frac{A_{abertura}}{A_{fachadao}} \quad (4.5)$$

Os cálculos dos PAF_T e PAF_O permite determinar quais dos dois parâmetros serão incluídos nos cálculos seguintes.

Depois é realizado o cálculo do ângulo de sombreamento vertical e horizontal – AVS e AHS. O edifício estudado não possui quaisquer estruturas que possam indicar um AVS ou AHS diferente de zero nas fachadas norte, sul, leste e oeste. Automaticamente os valores de AVS e AHS são nulos. Quando necessário para os cálculos de AVS total e AHS total, utiliza-se as equações 4.6 e 4.7, ponderando os valores em cada fachada:

AVS

$$= \frac{(AVS_N \times Abertura_N) + (AVS_S \times Abertura_S) + (AVS_O \times Abertura_O) + (AVS_L \times Abertura_L)}{A_{abertura}}$$

(4.6)

AHS

$$= \frac{(AHS_N \times Abertura_N) + (AHS_S \times Abertura_S) + (AHS_O \times Abertura_O) + (AHS_L \times Abertura_L)}{A_{abertura}}$$

(4.7)

Como já sabemos qual a ZB da cidade, utiliza-se a Equação 4.8 para determinação de IC:

$$\begin{aligned} IC_{env} = & -160,36 \times FA + 1277,29 \times FF - 19,21 \times PAF_T + 2,95 \times FS - 0,36 \times AVS \\ & - 0,16 \times AHS + 290,25 \times FF \times PAF_T + 0,01 \times PAF_T \times AVS \times AHS \\ & - 120,58 \end{aligned}$$

(4.8)

Depois realiza o cálculo do $IC_{máx}$ e $IC_{mín}$ substituindo os valores dos parâmetros (PAF_T , FS , AVS , AHS) mencionado anteriormente, que são os limites para determinação da etiqueta. Realizado esses cálculos, e comparando com o valor de IC_{env} , encontramos o nível de eficiência da envoltória do edifício.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção dos resultados as equações foram introduzidas no soft Excel, processadas e foram obtidos para o projeto arquitetônico:

$$A_{pe} = 8.007,3 \text{ m}^2$$

$$A_{pcob} = 8.007,3 \text{ m}^2$$

$$A_{tot} = 28.859,5 \text{ m}^2$$

$$A_{fachada} = 24.021,9 \text{ m}^2$$

$$A_{fachada \text{ oeste}} = 0 \text{ m}^2$$

$$A_{env} = 32.029,2 \text{ m}^2$$

$$V_{tot} = 188.171,6 \text{ m}^3$$

$$A_{abertura} = 1.023,24 \text{ m}^2$$

$$A_{abertura \text{ oeste}} = 0 \text{ m}^2$$

A partir desses valores foram obtidos os valores para as seguintes variáveis:

$$FA = 0,277$$

$$FF = 0,170$$

$$PAF_T = 0,043$$

$$PAF_O = 0$$

$$FS = 0,37$$

Após obtidos os resultados de PAF_T e PAF_O foi necessário à comparação entre eles, para decidir qual deles utilizar no cálculo do IC. Caso o PAF_O for maior que o PAF_T mais 20%, deve-se utilizar o PAF_O . Como o PAF_O é zero, utiliza-se o PAF_T para o cálculo do IC.

Uma vez que o edifício não apresenta nenhuma proteção solar, os ângulos de sombreamento são:

$$AVS = 0^\circ$$

$$AHS = 0^\circ$$

Considerando que a edificação se localiza na Zona Bioclimática ZB8 e possui $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$, então de acordo com o Quadro 3.6 o $FF_{\min}$ é 0,17. O FF calculado foi 0,170, portanto utiliza o FF de 0,170 no cálculo do IC.

De posse de todos esses dados, utilizando a Equação 4.8, foi obtido o valor de $IC_{env} = 54,715$.

Ainda é necessário a determinação dos valores limites de $IC_{\max}$ e $IC_{\min}$. A Tabela 5.1 apresenta-se os parâmetros utilizados para o cálculo desses limites:

Tabela 5.1– Parâmetros para cálculo do IC_{env} , $IC_{\max D}$ e $IC_{\min}$

Parâmetro	IC_{env}	$IC_{\max D}$	$IC_{\min}$
A_{pe}	8007,3 m ²	8007,3 m ²	8007,3 m ²
FA	0,277	0,277	0,277
FF	0,170	0,170	0,170
PAF_T	0,043	0,6	0,05
FS	0,37	0,61	0,87
AVS	0°	0°	0°
AHS	0°	0°	0°

Com os valores da Tabela 5.1 foram encontrados os índices máximo e mínimo:

$$IC_{\max D} = 72,254$$

$$IC_{\min} = 56,414$$

Substituindo os valores de $IC_{\max}$ e $IC_{\min}$ no Quadro 3.9, foi encontrado os limites máximo e mínimo (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Limites máximos e mínimos de IC

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	60,384	64,344	68,304	72,264
Limite Máximo	60,374	64,334	68,294	72,254	-

Com o valor de $IC_{env} = 54,715$, foi concluído que o edifício possui classificação energética de Nível A, com Equivalente numérico para envoltória ($EqNumEnv$) = 5.

Para a classificação final do nível de eficiência energética da envoltória, além dos parâmetros calculados acima, era necessário atender aos pré-requisitos para o nível de eficiência desejado.

Quadro 5.1 – Pré-requisitos para o nível de eficiência

Transmitância Térmica		Absortância Térmica		Iluminação Zenital
Cobertura	Parede	Cobertura	Parede	
2,8 W/m ² k	2,49 W/m ² k	0,56 W/m ² k	0,2 W/m ² k	Não Possui

Quadro 5.2 – Pré-requisitos da envoltória para a Zona Bioclimática 8

Nível de Eficiência	Transmitância Térmica		Absortância Térmica		Iluminação Zenital
	Cobertura	Parede	Cobertura	Parede	
A	2,0 W/m ² k	3,7 W/m ² k para paredes com capacidade térmica > 80 W/m ² k	< 0,50	< 0,50	X
B	2,0 W/m ² k	3,7 W/m ² k para paredes com capacidade térmica > 80 W/m ² k	< 0,50	< 0,50	Não Exige
C e D	≤ 2,0 W/m ² k	3,7 W/m ² k para paredes com capacidade térmica > 80 W/m ² k	Não Exige	Não Exige	Não Exige

Com base nos Quadros 5.1 e 5.2, verificou-se que a transmitância da cobertura ultrapassou o valor permitido para todos os níveis de eficiências, então a classificação final do nível de eficiência energética da envoltória possui nível **E**.

Apesar de esse trabalho avaliar somente a envoltória, o requisito determinante na classificação final do edifício é a envoltória, que obteve classificação E segundo os cálculos realizados. Portanto a classificação energética do edifício seria Nível E.

O edifício estudado se comparado com outros já etiquetados, (como na Universidade Federal de Santa Catarina, no seu restaurante universitário apresentou nível de envoltória A), por ser um centro de aulas e de laboratórios e ainda um prédio novo, devia apresentar um maior conforto para aqueles que frequentam o prédio.

O trabalho “Estudo e Regulamentação da Etiquetagem Energética para edifícios comerciais e públicos, foi um estudo de caso no edifício de Engenharia Elétrica da UFPR”, realizado pelos alunos PAULO RENATO DE SOUZA JUNIOR e MARCOS EJCZIS HENRIQUES apresentam um estudo da etiquetagem de um prédio público. No estudo apresentado, o prédio recebeu a etiquetagem B, que foi considerado satisfatório pelos autores, por se tratar de um edifício antigo que não foi construído seguindo as normas recentes e que são necessárias algumas reformas para que melhore a sua classificação.

A Central de Aulas é um prédio novo, que teoricamente foi construído seguindo todas as normas de engenharia, devia apresentar uma melhor classificação energética.

Existe ainda por partes dos proprietários de prédios comerciais o receio de fazer a etiquetagem do seu prédio, como no caso do trabalho “Estudo de viabilidade da aplicação do programa PROCEL edifica em edifícios comerciais já existentes: Estudo de caso em um edifício comercial de Curitiba, elaborado pelos alunos de engenharia elétrica da UFPR DEVID SANTOS DIAS e PEDRO FURTADO GONÇALVES DA SILVA, que realizaram a etiquetagem de um edifício comercial, no qual recebeu nível E em Eficiência Energética. Por se tratar de um edifício particular, não foi permitida a divulgação dos dados e endereço do edifício pela administração, isso poderia ser receio por parte dos administradores já que o edifício recebeu classificação de nível E.

Podemos observar a etiquetagem em edifícios comerciais ainda é um problema, quer que seja por falta de conhecimento ou até mesmo uma possível reforma no prédio se a etiquetagem for baixa.

5.0 CONCLUSÃO

O Programa PROCEL Edifica é um programa relativamente novo, instituído em 2003 pela ELETROBRÁS/PROCEL tem o objetivo de promover o uso racional de energia elétrica em edificações e de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, energia,) nas edificações, reduzindo assim os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. Foi através desse programa que começaram a realizar a etiquetagem de eficiência energética nas edificações, com a publicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e seus documentos complementares, como o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), ambos publicados pelo Inmetro, e do manual para aplicação dos RTQ-C.

O desenvolvimento do RTQ-C foi muito importante para o Brasil, pois garante a construção de edificações mais eficientes energeticamente. O objetivo do RTQ-C é também de motivar os construtores que não se interessam em edifícios eficientes, a começar a adotar a metodologia presente no RTQ-C, para então poderem realizar a etiquetagem de Eficiência Energética de suas construções.

A realização deste trabalho surgiu pela importância de se determinar o Nível de Eficiência Energética da Envoltória aplicando o procedimento de avaliação do programa de Etiquetagem de Edificações, do prédio da Central de Aulas, que é de muita importância, não só para a comunidade acadêmica, mas para toda a sociedade civil.

A classificação do Nível de Eficiência Energética alcançado pelo prédio da Central de Aulas da UEPB foi realizada por meio da aplicação do RTQ-C e do Manual de Aplicação do mesmo, através do método prescritivo, que permitiu-se obter a classificação de um dos três sistemas que compõem a edificação (envoltória) que obteve Nível de Eficiência Energética “E”.

Ao se verificar os pré-requisitos (Transmitância térmica das paredes e coberturas, Absortância das paredes e coberturas e Iluminação zenital), foi observado que eles foram determinantes na classificação da envoltória, já que para essa classificação pelo método prescritivo é dividido nas etapas de análises da equação de Indicador de consumo (IC) e dos pré-requisitos.

Analisando-se a equação de IC, foi observado que os parâmetros usados para o seu cálculo estavam de acordo com o RTQ-C, como o Fator de Forma (FF) que admite valor mínimo de 0,17 (Quadro 3.6). Os valores de AVS e AHS possuem valores nulos, já que na edificação estudada não apresenta proteções solares. O Fator Solar (FS) foi calculado por não ter sido encontrada informações sobre a fabricante dos vidros usados na edificação para que pudessem ser fornecidos esses dados de FS. E os demais dados de PAF_T , FA foram calculados e está de acordo com o RTQ-C.

No caso dos pré-requisitos, a Transmitância térmica das coberturas teve seu valor superior a todos os Níveis de Eficiência. Em relação a absorptância das coberturas, o Nível de Eficiência seria C ou D.

Analisando-se essas duas etapas e os resultados obtidos, podemos concluir que a classificação final da envoltória alcançado “E” foi devido ao pré-requisito da Transmitância térmica da cobertura. Se a análise fosse feita sem levar em consideração os pré-requisitos, a classificação da envoltória teria nível “A” de Eficiência Energética.

Para que a edificação estudada pudesse melhorar a sua classificação energética da envoltória na qual poderia alcançar nível “A”, teria que ser realizada uma reforma na cobertura, poderia ser substituído a parte do telhado de alumínio que possui uma elevada Transmitância térmica, por um material com menor Transmitância térmica, como telha de cerâmica ou de fibrocimento. Essa mudança também contribuiria para uma melhor absorptância da cobertura.

Apesar de ser para melhorar a Eficiência Energética do prédio, é uma reforma de grande magnitude que possivelmente “nunca seria realizada”, por se tratar de um prédio público e os custos que seriam envolvidos.

Antes que fossem realizadas mudanças estruturais no prédio poderia ser feito a análise pelo método de Simulação utilizando algum programa computacional específico, que poderia alcançar um nível melhor de eficiência, ou para maiores certezas, a avaliação poderia ser feita por alguma empresa especializada na área de Eficiência Energética.

Portanto foi concluído que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos foram alcançados, onde a análise da Eficiência foi aplicada em um projeto real de edificação, que teve seu desempenho avaliado pelos critérios de envoltória e determinado a sua classificação de Eficiência Energética.

Por fim foi concluído ainda que seja feita uma maior divulgação do programa PROCEL EDIFICA, com a realização de outros trabalhos na área, já que poucos conhecem, inclusive profissionais de engenharia, construtores. E que deste modo a ENCE seja conhecida pela população como outro o SELO PROCEL para eletrodomésticos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Antônio Carlos P. de. **Como comercializar créditos de carbono**. 6. ed. São Paulo: Trevisan Editora Universitária, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BOTTAMEDI, Mariana Garnica. **Avaliação da Eficiência Energética de Hotéis de Quatro Estrelas em Florianópolis: aplicação do Programa de Etiquetagem de Edificações**. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2009. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2014.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei n. 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. Brasília, DF, 2001b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009**. Aprova a revisão Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010**. Aprova a revisão Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Rio de Janeiro, 2010a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010**. Aprova a revisão Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 17, de 16 de janeiro de 2012.** Aprova retificações nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013.** Aprovar o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações. Rio de Janeiro, 2013a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 185, de 22 de junho de 2009.** Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009c.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001.** Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001a.

CABRAL. L. M. M. (coord.). **Procel: 20 anos.** Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

DIAS, Deivid Santos; DA SILVA, Pedro Furtado Gonçalves. **Estudo de Viabilidade da Aplicação do Programa Procel Edifica em Edifícios Comerciais já Existentes: Estudo de Caso em um Edifício Comercial de Curitiba.** 2010. 105 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) – Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2013:** ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013a.

INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Relatório anual de 2012.** Brasília, 2013. Disponível em: http://www.infraero.gov.br/images/stories/Infraero/Contas/Relatorios/relatorio_anual2012.pdf. Acesso em: 12 de janeiro de 2013.

INMETRO. **Tabela de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos,** 2014. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>. Acesso em: 22 de maio de 2014.

JUNIOR, Paulo Renato de Souza; HENRIQUES, Marcos Ejczis. **Estudo e Regulamentação da Etiquetagem Energética para edifícios comerciais e públicos: Um Estudo de Caso no Edifício de Engenharia Elétrica da UFPR.** 2009. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) – Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2009.

LIMIRO, Danielle. **Créditos de carbono**: protocolo de Kyoto e projetos MDL. Curitiba: Juruá, 2009.

Manual para Aplicação do RTQ-C, 2013. Disponível em: <
<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BABFC610F-53E8-439D-9AF5-8F305CD7338B%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 30 de maio de 2014.

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6ª Edição – 5ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; FERGUS, N. A. **Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Um guia de sobrevivência para o século XXI. Tradução de Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ANEXO A - Edifícios Etiquetados

A seguir são descritos alguns edifícios que foram etiquetados nos últimos anos no Brasil, segundo (INMETRO, 2014), pelo labEEE/UFSC e OI3E/CERTI.

1 - Empresa/grupo solicitante: Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

Nome da Edificação: Edifício Robson Braga de Andrade

Endereço da Edificação: Av. do Contorno, 4520, B. Funcionários. Belo Horizonte/MG

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: LabEEE/UFSC

Método Empregado: Prescritivo

Data da Emissão: 07/05/2010

Classe de Eficiência

Envoltória: C

Iluminação: C

Condicionamento de ar: A

Bonificação: Economia de Água

Geral: A

Pontuação Total: 5,0

Nº de ENCEs Emitidas: 1

2 - Empresa/grupo solicitante: Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

Nome da Edificação: CONFEA

Endereço da Edificação: SEP 508, Bloco A, Asa Norte. Brasília/DF

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OI3E/CERTI-LabEEE/UFSC

Método Empregado: Prescritivo

Data da Emissão: 24/01/2012

Classe de Eficiência

Envoltória: A

Iluminação: -

Condicionamento de ar: -

Bonificação: -

Geral: -
Pontuação Total: -

Nº de ENCEs Emitidas: 1

3 - Empresa/grupo solicitante: Edifício The One

Nome da Edificação: Edifício The One - Áreas Comuns

Endereço da Edificação: Av. Raja Gabaglia, 1143. Belo Horizonte/MG

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OI3E/CERTI
Método Empregado: Prescritivo
Data da Emissão: 10/12/2012

Classe de Eficiência

Envoltória: A
Iluminação: B
Condicionamento de ar: A
Bonificação: Economia de água
Geral: A
Pontuação Total: 5,6

Nº de ENCEs Emitidas: 0

4 - Empresa/grupo solicitante: Construtora Ferreira Miranda

Nome da Edificação: Prime Savassi

Endereço da Edificação: Rua Antônio de Albuquerque, 194. Belo Horizonte / MG

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OI3E/CERTI
Método Empregado: Prescritivo
Data da Emissão: 25/01/2013

Classe de Eficiência

Envoltória: A
Iluminação: -
Condicionamento de ar: -
Bonificação: -
Geral: -
Pontuação Total: -

Nº de ENCEs Emitidas: 1

5 - Empresa/grupo solicitante: Universidade Federal de Santa Catarina

Nome da Edificação: Inpetro Laboratórios Sapiens Park

Endereço da Edificação: Av. Luiz Boiteaux Piazza, 1302, Cachoeira do Bom Jesus

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OIBE/CERTI

Método Empregado: Prescritivo

Data da Emissão: 18/10/2013

Classe de Eficiência

Envoltória: C

Iluminação: B

Condicionamento de ar: C

Bonificação: -

Geral: B

Pontuação Total: 3,7

Nº de ENCEs Emitidas: 1

6 - Empresa/grupo solicitante: Construtora Tarjab LTDA

Nome da Edificação: Áreas Comuns: Now Offices

Endereço da Edificação: Rua John Harrison, 299

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OIBE/CERTI

Método Empregado: Prescritivo

Data da Emissão: 06/12/2013

Classe de Eficiência

Envoltória: A

Iluminação: B

Condicionamento de ar: -

Bonificação: -

Geral: -

Pontuação Total: -

Nº de ENCEs Emitidas: 1

7 - Empresa/grupo solicitante: Pelicano Empreendimentos Imobiliários LTDA

Nome da Edificação: Porto 1

Endereço da Edificação: Rua Almirante Mariath, 01, São Cristóvão.

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Organismo responsável pela avaliação do projeto: OI3E/CERTI

Método Empregado: Simulação

Data da Emissão: 19/12/2013

Classe de Eficiência

Envoltória: A

Iluminação: -

Condicionamento de ar: -

Bonificação: -

Geral: -

Pontuação Total: -

Nº de ENCEs Emitidas: 1