



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CÁSSIO CARNEIRO MATIAS**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PRÉDIO DA SECRETARIA DE  
MEIO AMBIENTE DE MARACANAÚ SEGUNDO O RTQ-C**

**FORTALEZA  
2018**

CÁSSIO CARNEIRO MATIAS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PRÉDIO DA SECRETARIA DE MEIO  
AMBIENTE DE MARACANAÚ SEGUNDO O RTQ-C

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a  
Universidade Federal do Ceará, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Eletricista.

Orientador: Prof. MSc. Tomaz Nunes  
Cavalcante Neto.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C288a Carneiro Matias, Cássio.  
Avaliação da eficiência energética do prédio da secretaria de meio ambiente de Maracanaú segundo o RTQ-C / Cássio Carneiro Matias. – 2018.  
70 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Me. Tomaz Nunes Cavalcante Neto.
1. Eficiência energética. 2. Conforto térmico de edificações. 3. Certificação energética. I. Título.  
CDD 621.3
-

CÁSSIO CARNEIRO MATIAS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PRÉDIO DA SECRETARIA DE MEIO  
AMBIENTE DE MARACANAÚ SEGUNDO O RTQ-C

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a  
Universidade Federal do Ceará, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Eletricista.

Aprovada em: 18/10/2018

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. MSc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Arquiteta e Urbanista Nayana Helena Barbosa de Castro  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

A Deus.

A minha mãe e a minha família.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado todos os caminhos que me trouxeram até aqui.

Gostaria de agradecer a minha família, em especial a minha mãe, Maria Zulenita, e a minha irmã Cintia Carneiro. Vocês são minhas heroínas e me inspiram muito com a garra de vocês.

Ao meu orientador, Tomaz Nunes Cavalcante Neto, gostaria de agradecer todo o empenho tanto em sala de aula como também em momentos de orientação profissional. Muito obrigado por tudo.

Agradecer ao engenheiro Helder Chaves de Oliveira, da Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú, por toda a ajuda e atenção prestadas na coleta de dados do trabalho.

Gostaria de agradecer a todos os professores que me auxiliaram nesta longa jornada em busca do conhecimento, bem como aos servidores técnicos-administrativos do nosso departamento, que realizam um papel bastante eficiente, sempre nos atendendo com presteza e eficiência.

Agradecer também a todos os meus colegas que estiveram comigo compartilhando diversos momentos no ambiente acadêmico.

“Veni, vidi, vici.”

(Júlio César)

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o intuito de avaliar a eficiência energética do prédio da Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú e, assim determinar a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) da edificação. A etiquetagem de edificações no Brasil faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que por sua vez orienta como será determinado o nível de eficiência, que varia de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). Foi utilizado o método prescritivo do RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos) para a determinação da eficiência energética do prédio. Para isso, alguns parâmetros da edificação são avaliados, tais como envoltória, iluminação e sistema de condicionamento de ar. A Envoltória obteve classificação nível A. O sistema de Iluminação alcançou o nível C de etiquetagem. O sistema de condicionamento de ar conseguiu atingir o nível B de etiquetagem. Por fim, o prédio estudado obteve, na classificação geral, o nível B de etiquetagem. Algumas medidas tais como, retrofit no sistema de iluminação afim de aproveitar a iluminação natural e assim manter desligadas as lâmpadas próximas às janelas; e a troca dos aparelhos de ar-condicionado por equipamentos mais eficientes, podem elevar o nível de classificação da edificação.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Conforto Térmico de Edificações. Certificação Energética.



## ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of evaluating the energy efficiency of the building of the Department of Environment of Maracanaú and, thus, determining the ENCE (National Energy Conservation Label) of the building. The labeling of buildings in Brazil is part of the Brazilian Labeling Program (PBE), which in turn guides how the efficiency level, ranging from A (more efficient) to E (less efficient), will be determined. The prescriptive method of RTQ-C (Technical Regulation of Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Buildings) was used to determine the energy efficiency of the building. For this, some parameters of the building are evaluated, such as envelope, lighting and air conditioning System. The Envelope was rated A level. The Enlightenment system reached the C level of labeling. The air conditioning system was able to reach level B of labeling. Finally, the studied building obtained, in the general classification, level B of labeling. Some measures such as retrofit in the lighting system in order to take advantage of natural lightning and thus keep off the lamps near the windows; and the exchange of air conditioners with more efficient equipment, can raise the classification level of the building.

**Keywords:** Energy Efficiency. Thermal Comfort of Buildings. Energetic Certification.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Aplicação da Tecnologia ECOGRIDE .....	18
Figura 2 – Exemplo de Iluminação Zenital em Shopping Center utilizando skylights.....	19
Figura 3 – Áreas chaves da certificação LEED.....	20
Figura 4 – Categorias da certificação LEED.....	21
Figura 5 – Categorias do Processo AQUA-HQE.....	22
Figura 6 – Exemplo de ENCE de projeto de Edificação Comercial, de Serviço ou Pública.	24
Figura 7 – Exemplo de ENCE de Edificação Construída de Unidade Habitacional Autônoma.....	25
Figura 8 – Equivalente Numérico de cada nível de eficiência.....	28
Figura 9 – Equação Global do nível de eficiência energética da edificação.....	28
Figura 10 – Classificação Geral da Edificação conforme o valor de PT.....	29
Figura 11 – Elementos da envoltória de uma edificação.....	31
Figura 12 – Absortância solar de alguns materiais e cores.....	34
Figura 13 – Exemplo de cálculo do PAF.....	36
Figura 14 – Ângulos Horizontais de Sombreamento.....	37
Figura 15 – Ângulos Verticais de Sombreamento.....	37
Figura 16 – Imagem aérea do prédio da SEMAM.....	44
Figura 17 – Entrada do prédio da SEMAM.....	45
Figura 18 – Entrada do gabinete do vice-prefeito.....	46
Figura 19 – Planta de layout da SEMAM.....	47
Figura 20 – Zona Bioclimática 8.....	50
Figura 21 – Configuração das paredes externas da SEMAM.....	51
Figura 22 – Utilização das cores branca e verde-claro nas fachadas.....	52
Figura 23 – Orientação das fachadas da SEMAM.....	53
Figura 24 – Detalhe de aberturas na fachada Oeste.....	54
Figura 25 – Detalhe de uma das proteções horizontais.....	54
Figura 26 – Sombreamento incidente na fachada Oeste.....	55
Figura 27 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Norte.....	55
Figura 28 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Oeste (ângulos 1 a 4) .....	56
Figura 29 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Oeste (ângulos 5 a 10) .....	56
Figura 30 – Luminária do tipo 2x16W.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Valores máximos de referência de transmitância térmica da cobertura por níveis de eficiência.....	33
Tabela 2	– Valores máximos de referência de transmitância térmica das paredes externas por níveis de eficiência.....	33
Tabela 3	– Valores máximos de referência de absortância solar por níveis de eficiência.....	34
Tabela 4	– Limite de Fator Solar de vidros e de Percentual de Abertura Zenital em coberturas.....	35
Tabela 5	– Parâmetros de $IC_{máxD}$ .....	38
Tabela 6	– Parâmetros de $IC_{mín}$ .....	38
Tabela 7	– Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.....	38
Tabela 8	– Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido.....	41
Tabela 9	– Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.....	42
Tabela 10	– Dependências da SEMAM e suas respectivas áreas.....	48
Tabela 11	– Áreas das fachadas, aberturas e valores de PAF.....	53
Tabela 12	– Valores das variáveis da envoltória.....	57
Tabela 13	– Limites dos intervalos dos níveis de eficiência do prédio da SEMAM.....	59
Tabela 14	– Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) de prédios do tipo Prefeitura, Instalações Governamentais.....	60
Tabela 15	– Levantamento de potência instalada de iluminação da SEMAM.....	61
Tabela 16	– Levantamento das unidades de ar-condicionado da SEMAM.....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
FA	Fator Altura
FF	Fator de Forma
FS	Fator Solar
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PAF	Percentual de Abertura nas Fachadas
PAZ	Percentual de Abertura Zenital
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PT	Pontuação Total
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
RTQ-C	Requisitos Técnicos de Qualidade para prédios Comerciais, de Serviços e Públicos
SEMAM	Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú
USGBC	United States Green Building Council

## LISTA DE SÍMBOLOS

US\$	Dólar
%	Porcentagem
°	Graus
'	Minutos
”	Segundos
®	Marca Registrada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Eficiência Energética nas edificações e Sustentabilidade .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Certificações energéticas de edificações no mundo .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Legislação de Eficiência Energética no Brasil .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Procel Edifica e PBE Edifica .....</b>	<b>23</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Apresentação do RTQ-C .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Equação Geral de Eficiência.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Pré-requisitos gerais .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Bonificações.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5 Classificação da envoltória .....</b>	<b>30</b>
4.5.1 Pré-requisitos específicos da envoltória .....	31
4.5.1.1 Transmitância térmica.....	32
4.5.1.2 Cores e absorvância de superfícies.....	33
4.5.1.3 Iluminação zenital .....	35
4.5.2 Procedimentos de cálculo .....	35
4.5.2.1 Transmitância térmica, cores, absorvância das superfícies e fator solar .....	35
4.5.2.2 Fator Altura e Fator de Forma .....	36
4.5.2.3 Percentual de Abertura na Fachada Total .....	36
4.5.2.4 Ângulos de sombreamento .....	36
4.5.3 Procedimento de determinação da eficiência da envoltória .....	37
<b>4.6 Classificação do sistema de iluminação .....</b>	<b>38</b>
4.6.1 Pré-requisitos específicos do sistema de iluminação.....	39
4.6.1.1 Divisão dos circuitos de iluminação.....	39
4.6.1.2 Contribuição da luz natural.....	40
4.6.1.3 Desligamento automático do sistema de iluminação.....	40
4.6.2 Procedimento de determinação da eficiência do sistema de iluminação.....	40
<b>4.7 Classificação do sistema de condicionamento de ar .....</b>	<b>41</b>
4.7.1 Pré-requisitos específicos do sistema de condicionamento de ar .....	42
4.7.1.1 Isolamento térmico para dutos de ar.....	42
4.7.1.2 Condicionamento por aquecimento artificial .....	42
4.7.2 Procedimento de determinação da eficiência do sistema de condicionamento de ar .....	43
<b>5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS RELEVANTES E OUTRAS INFORMAÇÕES</b>	

ACERCA DO PRÉDIO DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE MARACANAÚ....	44
6 ESTUDO DE CASO .....	50
<b>6.1 Classificação da envoltória do prédio da SEMAM .....</b>	<b>50</b>
6.1.1 Transmitância térmica da cobertura e das paredes externas .....	51
6.1.2 Absortância das superfícies e Fator Solar .....	51
6.1.3 Fator Altura e Fator Forma .....	52
6.1.4 Percentual de abertura nas fachadas .....	52
6.1.5 Ângulos de sombreamento .....	54
6.1.6 Verificação dos pré-requisitos da envoltória .....	57
6.1.7 Determinação de $IC_{env}$ .....	57
6.1.8 Determinação de $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ .....	58
6.1.9 Determinação de $i$ .....	58
6.1.10 Determinação dos limites de cada intervalo e do nível de eficiência da envoltória da SEMAM.....	59
<b>6.2 Classificação do Sistema de iluminação da SEMAM .....</b>	<b>59</b>
6.2.1 Avaliação dos pré-requisitos do sistema de iluminação da SEMAM.....	60
6.2.2 Determinação da eficiência do sistema de iluminação da SEMAM .....	60
<b>6.3 Classificação do sistema de condicionamento de ar da SEMAM.....</b>	<b>62</b>
<b>6.4 Classificação geral do prédio da SEMAM .....</b>	<b>64</b>
7 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

As sucessivas crises energéticas iniciadas na década de 70, denominadas crises do petróleo, que culminaram com a decisão dos países que compunham a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) de estabelecer que os preços do petróleo seriam fixados pela própria organização e não pelas companhias distribuidoras de petróleo, fizeram seu preço saltar de US\$ 4,00 o barril para cerca de US\$ 40,00. Nos dias atuais, o preço do petróleo oscila entre US\$ 40,00 e US\$ 70,00. Declarada a crise, os governos e as sociedades, em geral, foram se conscientizando de que era necessário conter os desperdícios de energia e implementar programas para alcançar esse objetivo. No Brasil, os Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e Comércio tomaram para si essa tarefa em 1985, instituindo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), cuja função básica era integrar as ações de conservação de energia, na época em andamento por iniciativa de várias organizações públicas e privadas (MAMEDE, 2017). Neste âmbito, surge o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

A partir de 2001, quando entrou em vigor a Lei 10.295/2001, também conhecida como a Lei da Eficiência Energética, o Inmetro passou a estabelecer procedimentos (programas) para avaliação de conformidade de eficiência energética dos aparelhos consumidores de energia elétrica fabricados ou comercializados no país, tal como determina a referida lei.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes (INMETRO, 2016).

No âmbito da etiquetagem de edificações, que é o foco do presente trabalho, surge outra vertente do Procel e que possui grande interação com o PBE, o Procel Edifica.

O Procel Edifica é um subprograma voltado especialmente a incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente, e trabalha em parceria com o Inmetro no desenvolvimento dos programas de etiquetagem de edificações, que é o PBE Edifica (INMETRO, 2016).



O PBE Edifica estabelece através de regulamentos o passo a passo para obtenção da ENCE para edifícios comerciais, de serviços e públicos. Estes documentos são o RTQ-C e o RAC.

É importante que os gestores públicos estejam cada vez mais empenhados em incentivar a implementação da etiquetagem nos novos projetos de edifícios e, também nos edifícios já construídos. Um edifício com etiqueta A, por exemplo, pode reduzir o seu consumo de energia elétrica em até 30% para edificações existentes e 50% para novas edificações (BRASIL, 2015).

O prédio escolhido para o presente trabalho foi o da Secretaria de Meio Ambiente de Maracanau. O prédio foi inaugurado em janeiro de 2017 e tem uma área total construída de 565 m<sup>2</sup>.

Para a avaliação da eficiência energética do prédio da SEMAM e, consequentemente a determinação da sua ENCE, são utilizados os procedimentos contidos no RTQ-C.

Este trabalho foi dividido em sete capítulos. No primeiro capítulo é apresentado a problemática do trabalho, o que está sendo investigado e a justificativa da escolha do tema. Além de apresentar os objetivos do trabalho de uma maneira geral.

No segundo capítulo é apresentado de forma mais detalhada quais os objetivos do trabalho.

No terceiro capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre o cenário da eficiência energética no Brasil pela ótica da legislação, bem como é mostrado o atual cenário no Brasil e alguns aspectos do cenário mundial no que diz respeito à etiquetagem de edifícios.

No quarto capítulo é apresentado um referencial teórico baseado no Manual para Aplicação do RTQ-C que é a metodologia que se utiliza para determinar a eficiência energética de edificações governamentais.

No quinto capítulo são feitas algumas considerações acerca da arquitetura do prédio que foi estudado.

No sexto capítulo é apresentado o estudo de caso bem como os resultados das avaliações da envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar. Ainda neste capítulo é determinado o valor da Equação Global que é o número representativo da eficiência da edificação. Também é mostrado a ENCE geral que o prédio atingiria.

No sétimo capítulo é feita a conclusão do trabalho.

## 2 OBJETIVOS

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2016, cerca de 56% do consumo de energia elétrica se deve às edificações (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017). O Plano Nacional de Energia estabelece uma meta de 10% de redução desse consumo por meio de ações de eficiência energética (BRASIL, 2007). Diante disso, é importante que se mostre a aplicação da regulamentação de etiquetagem de edificações visto que esse procedimento pode reduzir significativamente o consumo de energia nas edificações.

O objetivo principal do trabalho é avaliar o nível de eficiência energética do prédio da Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú (SEMAM) em conformidade com o RTQ-C. Esta avaliação visa mostrar como é feito o passo a passo da aplicação do RTQ-C e assim, servir como exemplo e incentivo para novos trabalhos na área de eficiência energética de edificações.

São objetivos específicos do trabalho: avaliar a eficiência energética da envoltória; avaliar a eficiência energética do sistema de iluminação, através do método da área do edifício; avaliar o sistema de condicionamento de ar, através do método da ponderação das potências unitárias e níveis de eficiência individuais; e por fim, propor soluções que elevem as categorias do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar a atingirem níveis maiores de classificação.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo serão apresentados alguns aspectos do cenário mundial, no que diz respeito à eficiência energética e sustentabilidade, bem como boas práticas de conservação de energia nas etapas de construção das edificações e no seu uso. Também são apresentadas algumas certificações ambientais de edificações utilizadas atualmente. Aprofundando no cenário nacional, é apresentado alguns aspectos regulamentares no que diz respeito à eficiência energética em edificações. E por fim, é apresentado informações importantes acerca do Procel Edifica e do PBE Edifica e como são feitas as etiquetas de edificações no Brasil.

#### **3.1 Eficiência Energética nas edificações e Sustentabilidade**

Após a crise do petróleo na década de 70 e o crescente aumento da população urbana na década seguinte, os governos em todo o mundo passaram a se preocupar cada vez mais com o uso eficiente da energia, visto que a implementação de medidas de conservação de energia eram e continuam sendo mais baratas do que as soluções de geração de energia (construção de novas usinas, por exemplo). A partir daí as políticas energéticas de sustentabilidade começaram a ganhar mais força (MAMEDE, 2017).

Desde então, a aplicação da eficiência energética está cada vez mais presente nos diversos campos da sociedade. E com a construção civil e a arquitetura não poderia ser diferente. Pois, níveis mais elevados de eficiência são almejados cada vez mais nos projetos de edifícios energeticamente eficientes.

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação, e que representa seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013). Logo, um prédio eficiente deve ter um baixo consumo de energia, e jamais comprometer o conforto térmico e lumínico dos seus usuários. Na mesma linha de raciocínio, um prédio será mais eficiente que outro quando proporcionar as mesmas condições de conforto com um menor consumo de energia.

Um bom projeto arquitetônico deve incluir análises sobre o seu desempenho energético, assim como deve levar em conta, aspectos construtivos que impactem positivamente no desempenho térmico e no aproveitamento de luz natural. Nesse mesmo sentido, o método construtivo deve levar em conta o clima, ou mais especificamente no caso do Brasil, a Zona

Bioclimática, onde será construída a edificação, para que se aproveite as características desejáveis do clima e que se evitem as indesejáveis.

O aspecto construtivo, os métodos utilizados para o aproveitamento da iluminação natural e os equipamentos utilizados nos sistemas de condicionamento de ar das edificações, aliados a outros fatores, determinam se estamos diante de uma edificação eficiente ou não. O material empregado na cobertura, por exemplo, tem influência no consumo de energia de uma edificação. Dependendo do tipo empregado, aumenta-se a transferência de calor do sol para o interior da edificação, aumentando sua temperatura interna e demandando mais energia do sistema de climatização (BRASIL, 2015).

Um exemplo de tecnologia construtiva sustentável utilizada atualmente é a ECOGRIDE – Painel de isopor ®. Essa tecnologia faz uso de painéis de argamassa armada com miolo de EPS (poliestireno expandido) do tipo II F – sem adição de material reciclado e retardante de fogo. Suas vantagens estão na racionalização dos componentes; na baixa produção de resíduos durante a obra; na geração de resíduos recicláveis; alta resistência mecânica, ao fogo e envelhecimento; grande durabilidade; e na oferta de maior isolamento acústico e térmico, o que reduz o consumo energético da edificação com aquecimento e refrigeração (TEM SUSTENTÁVEL, 2016).

Figura 1- Exemplo de Aplicação da Tecnologia ECOGRIDE



Fonte: TEM SUSTENTÁVEL (2016)

Em relação ao aproveitamento da iluminação natural, devem ser realizados estudos logo no início do projeto de arquitetura, analisando questões como o clima da região, quantidade de luz, orientação solar, quantidade de horas de luz por dia, entre outros dados (BERTOLOTTI; NONATTO, 2016). Algumas soluções utilizadas neste sentido são: utilização de brises; eliminação de sombreamento excessivo devido a edifícios vizinhos; utilização de vidros com baixo fator solar nas fachadas; iluminação zenital utilizando sheds, skylights, claraboias, coberturas de vidro, entre outros.

Figura 2 – Exemplo de Iluminação Zenital em Shopping Center utilizando skylights



Fonte: GALERIA DA ARQUITETURA (2013)

Em relação aos sistemas de condicionamento de ar, o bom projeto é a base para que o sistema de ar condicionado proporcione simultaneamente conforto térmico, eficiência energética e economia. Entretanto, a correta instalação e seu uso e manutenção apropriados também têm importância fundamental para manter o desempenho dos equipamentos (HERNANDEZ; APOR, 2016). Algumas soluções para sistemas de ar condicionado são: utilização de equipamentos etiquetados pelo Inmetro com o nível A, no caso do Brasil; especificação correta do equipamento para o ambiente no qual será instalado; manter a manutenção dos equipamentos em dia; uso consciente por parte dos usuários.

Por fim, é importante salientar que os desperdícios e as perdas devem ser evitados ao máximo, pois um edifício eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes, podem aumentar de forma considerável a sua eficiência se houver um empenho dos seus usuários nesse sentido (INMETRO, 2013).

### 3.2 Certificações energéticas de edificações no mundo

As certificações energéticas se diferenciam da etiquetagem de edificações por essas possuírem bem mais critérios do que a etiquetagem.

Os Estados Unidos têm seu sistema próprio de referência em certificação ambiental para edifícios. Em meados de 1998, a USGBC (*United States Green Building Council*), em português Conselho de Construção Verde dos Estados Unidos, desenvolveu um sistema de certificação de edificações, o LEED.

O selo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) estimula que os edifícios certificados sejam economicamente viáveis (do ponto de vista do retorno financeiro dos empreendedores), socialmente justos e culturalmente aceitos (OBRAS SUSTENTÁVEIS, 2016).

No Brasil, o representante legal do USGBC é o GBC Brasil (Green Building Council Brasil) que é uma organização não-governamental e que é responsável por disseminar o selo LEED no país. Os critérios de avaliação do certificado LEED são mostrados na Figura 3.

Figura 3 – Áreas chaves do certificado LEED

Áreas chave (Key Area)		CRITÉRIOS
	Sustentabilidade do Sítio (SS)	Erosão e controle de sedimentação, Seleção do local, re-desenvolvimento urbano, re-desenvolvimento de locais ambientalmente contaminados, Transporte, Redução dos distúrbios provocados pela construção, gestão de situações de mau tempo, recuperação e proteção de espaços abertos, paisagem e design exterior e redução da saída de radiação de luz direta.
	Gestão de Água (WE)	Eficiência na utilização de água, Tecnologias inovadoras de tratamento.
	Energia e Atmosfera (EA)	Instrução fundamentais dos sistemas do edifício, desempenho energético mínimo, redução de CFC's, Energias renováveis, Instruções adicionais, medição e verificação, energia verde e degradação da camada de ozônio.
	Materiais e Recursos (MR)	Recolha e Armazenamento de Materiais Recicláveis, reutilização do edifício, gestão de resíduos de construção, reutilização de recursos, conteúdo reciclado dos materiais, materiais locais/regionais, materiais rapidamente renováveis e madeira certificada.
	Qualidade Ambiental Interna (IEQ)	Informação sobre medidas inovadoras incorporadas no projeto e quais os seus benefícios sustentáveis.
	Inovação e Processos de Projeto (ID)	Desempenho mínimo de qualidade do ar interior, controle interior do fumo do tabaco, monitorização do dióxido de carbono, eficiência crescente da ventilação, plano de gestão da qualidade do ar interior, materiais de baixa emissão de COV's, capacidade de controlar sistemas, conforto térmico, iluminação natural e vistas.

Fonte: GBC BRASIL (2015)

As pontuações e pré-requisitos da certificação LEED dependem do tipo de empreendimento. Atualmente, existem oito selos diferentes.

Figura 4 – Categorias da Certificação LEED

<b>CATEGORIAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
LEED NC	Novas construções e grandes projetos de renovação
LEED ND	Desenvolvimento de bairros (localidades)
LEED CS	Projetos de envoltória e parte central do edifício
LEED Retail NC e CI	Lojas de varejo
LEED Healthcare	Unidades de saúde
LEED EB-OM	Operações de manutenção de edifícios existentes
LEED Schools	Escolas
LEED CI	Projetos de interiores e edifícios comerciais

Fonte: GBC BRASIL (2015)

A Europa também deu sua contribuição para a sustentabilidade de edificações.

Criado em 1974, na França, e lançado no Brasil em 2008, o AQUA-HQE é a ferramenta de certificação mais utilizada no mundo, reconhecida internacionalmente por diversas entidades certificadoras que fazem parte da *Sustainable Building Alliance* e estão presentes na França, Alemanha, Inglaterra, Finlândia, Itália, Estados Unidos e Brasil, onde é representado pela Fundação Vanzolini (INOVATECH, 2015).

O AQUA-HQE desenvolve uma estratégia desde a concepção do projeto do empreendimento, que visa a preservação dos recursos, a redução da poluição e da geração dos resíduos, a gestão de água e energia durante a operação, a gestão patrimonial e o conforto e a saúde dos usuários, da vizinhança e dos funcionários da obra (INOVATECH, 2015).

A certificação exige que o empreendedor implante um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e o atendimento a catorze categorias de Qualidade Ambiental do Empreendimento (QAE). Estas categorias devem satisfazer as exigências relacionadas ao controle de impactos sobre o ambiente externo e à criação de um ambiente interno confortável e saudável (LEITE, 2011).

Figura 5 – Categorias do Processo AQUA-HQE

Controle dos impactos sobre o ambiente externo		Criação de um ambiente interno confortável e saudável	
Sítio e construção		Conforto	
Categoria 1	Relação do edifício com o seu entorno	Categoria 8	Conforto Higrotérmico
Categoria 2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	Categoria 9	Conforto acústico
Categoria 3	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	Categoria 10	Conforto visual
Gestão		Categoria 11	Conforto olfativo
Categoria 4	Gestão de energia	Saúde	
Categoria 5	Gestão de água	Categoria 12	Qualidade sanitária dos ambientes
Categoria 6	Gestão de resíduos de uso e operação do edifício	Categoria 13	Qualidade sanitária do ar
Categoria 7	Manutenção – permanência do desempenho ambiental	Categoria 14	Qualidade sanitária da água

Fonte: LEITE (2011)

### 3.3 Legislação de Eficiência Energética no Brasil

Em 2001, foi sancionada a Lei 10295/2001 que também é conhecida como Lei da Eficiência Energética. Ela estabeleceu níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País. A Lei também trata da eficiência energética em edificações, quando no seu artigo 4º determina: “O Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País (BRASIL, 2001).

A Lei de Eficiência Energética foi regulamentada pelo Decreto Presidencial nº 40 59/2001, de 19 de dezembro de 2001. Esse decreto institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). Esse comitê possui algumas competências, dentre elas está a deliberação sobre as proposições do Grupo Técnico para Eficientização de Energia em Edificações (GT-Edificações). No mesmo decreto ainda são citadas as competências desse Grupo Técnico:

Art. 15. Compete ao Grupo Técnico propor ao CGIEE:

- I – a adoção de procedimentos para avaliação da eficiência energética em edificações;
- II – indicadores técnicos referenciais do consumo de energia das edificações para certificação de sua conformidade em relação à eficiência energética; e



III- requisitos técnicos para que os projetos de edificações a serem construídas no país atendam os indicadores mencionados no item anterior (BRASIL, 2001).

No final de 2005, o GT-Edificações cria a Secretaria Técnica de Edificações (ST-Edificações) com competência para discutir as questões técnicas envolvendo os indicadores de eficiência (INMETRO, 2016).

Quando da criação da ST, a Eletrobras/Procel já havia lançado o Programa Procel Edifica, que foi então nomeado coordenador da ST. Desde 2003, através dele, já vinha sendo organizada a estrutura necessária para viabilizar as exigências do Decreto. Em 2005, o Inmetro passou a integrar o processo através da criação da CT-Edificações, a comissão técnica onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (INMETRO, 2016).

A partir daí, o Inmetro, no âmbito do PBE, desenvolveu os documentos relacionados à definição e avaliação da eficiência energética nas edificações.

Desde 2014, com a instrução normativa nº 02 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, os projetos de novas edificações públicas federais devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe “A”. A obrigação também se estende às obras de retrofit. Neste caso, as obras devem ser contratadas visando a obtenção da ENCE parcial de Edificação Construída classe “A” para os sistemas individuais de iluminação e condicionamento de ar.

### **3.4 Procel Edifica e PBE Edifica**

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica foi instituído em 2003 pela Eletrobras/Procel e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (PROCEL EDIFICA, 2016).

A missão do Procel Edifica é promover a eficiência energética nas edificações construídas e nos novos projetos, através de pesquisas e, sempre obedecendo aos dispositivos legais regulamentares, principalmente à Lei de Eficiência Energética. Essa preocupação com a conservação de energia em edificações é muito válida, quando constata-se que cerca de 56% da eletricidade consumida no Brasil é devida às edificações (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017). Os objetivos do Procel Edifica também se alinham ao Plano Nacional

de Energia (PNE2030) que estabelece uma meta de 10% de redução no consumo energético do país por meio de ações de eficiência energética (BRASIL, 2007).

Com a regulamentação da Lei de Eficiência energética, o governo tomou a iniciativa de implementar normas afim de adequar as suas instalações à referida lei. Exemplo disso é a instrução normativa nº 02 do MPOG, citada no item anterior do trabalho. Essa implementação é feita de forma compulsória através da parceria entre o Procel Edifica e o PBE Edifica.

Então, em 2009 é criado o PBE Edifica, que visa a classificação energética das edificações para que estas sejam etiquetadas com a ENCE. A ENCE pode ser obtida para edificações comerciais, de serviços e públicas e edificações residenciais, sendo estas de três tipos: unidades habitacionais autônomas (casas ou apartamentos), edificações multifamiliares e áreas de uso comum. Na Figura 6 é apresentado um exemplo de ENCE de projeto, que é emitida após inspeção do projeto da edificação. Ela mostra detalhes da classificação dos sistemas parciais, as bonificações do prédio e os pré-requisitos gerais atingidos.

Figura 6 – Exemplo de ENCE de projeto de Edificação Comercial, de Serviço ou Pública



Fonte: PROCEL EDIFICA (2015)

Na Figura 7 é mostrado um exemplo de ENCE de edificação construída, que é emitida através de inspeção do Organismo de Inspeção Acreditado (OIA).

Figura 7 – Exemplo de ENCE de Edificação Construída de Unidade Habitacional Autônoma



Fonte: PROCEL EDIFICA (2015)

O processo de etiquetagem é composto por duas etapas: na primeira é obtida a etiqueta de projeto. Nessa etapa, o empreendedor deve contratar um Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro (OIA), o qual fará o cálculo da eficiência e emitirá a etiqueta de projeto. Na segunda etapa, é feita a conferência dos itens inspecionados na etapa de projeto. E então, a etiqueta de Edificação Construída é emitida.

É possível também a etiquetagem de edificações já existentes, neste caso o prédio só possuirá a ENCE de edificação construída.

O processo de etiquetagem de edifícios, apesar de seu início voluntário (com exceção dos prédios públicos federais), se tornará compulsório. De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE), a compulsoriedade deverá ser aplicada para edificações públicas

(estaduais e municipais) até 2020, comerciais e de serviços até 2025 e residenciais até 2030 (PROCEL EDIFICA, 2015).

Quando o PBE Edifica foi lançado, o Inmetro tratou de documentar através de regulamentos os requisitos e métodos para avaliação da eficiência energética das edificações. Em 2009, foi lançado o RTQ-C, que trata da avaliação de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Em 2010, é lançado o RTQ-R, regulamento que orienta a avaliação da eficiência energética de edificações residenciais. Outro importante regulamento do Inmetro é o RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações). O RAC apresenta os procedimentos para submissão da edificação para avaliação da conformidade, os direitos e deveres dos envolvidos, os modelos da ENCE, a lista de documentos que devem ser encaminhados para a solicitação da(s) etiqueta(s), os procedimentos de inspeção que o OIA deve seguir, dentre outros. Vale lembrar que os procedimentos do RAC valem tanto para a avaliação de conformidade dos edifícios tratados no RTQ-C quanto para as unidades residenciais, que são tratadas no RTQ-R.

O Inmetro lançou ainda manuais para aplicação dos três regulamentos citados anteriormente. Estes manuais reforçam o conteúdo dos regulamentos de maneira mais didática, apresentando exemplos de aplicação, cálculos e exaure dúvidas frequentes de casos práticos.

O presente trabalho atenta-se ao manual de aplicação do RTQ-C (visto que se trata da avaliação de um edifício público). Alguns detalhes importantes deste manual são mostrados no capítulo seguinte deste trabalho.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

O objetivo principal deste capítulo é explanar toda a metodologia utilizada no RTQ-C para avaliação da eficiência energética das edificações previstas no regulamento citado. A base deste capítulo é o manual para aplicação do RTQ-C. Além de englobar o próprio regulamento, esse manual explica o RTQ-C de maneira mais didática.

### **4.1 Apresentação do RTQ-C**

O RTQ-C estabelece os requisitos e condições para avaliação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais de serviços e públicos, afim de obter a ENCE emitida pelo Inmetro.

Na avaliação são analisados três itens: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Além destes itens, são também consideradas algumas bonificações, que podem aumentar o índice de eficiência da edificação. Com estes dados, é feita então, a avaliação através de uma equação geral para a determinação de um índice final de eficiência. Este nível é condicionado ao atendimento de pré-requisitos gerais e específicos. A avaliação da edificação também pode ser feita de forma parcial, avaliando-se apenas um ou mais sistemas. Neste caso, é emitida uma ENCE parcial ao final do projeto. No caso de avaliações parciais, sempre é obrigatório a avaliação da envoltória em qualquer combinação.

Há dois métodos para a avaliação: o prescritivo e o método de simulação.

O método prescritivo é um método simplificado que avalia as edificações através de equações e tabelas. O método de simulação é uma alternativa para esta avaliação pois permite uma maior flexibilidade no uso de estratégias arquitetônicas para melhor condicionamento de edifícios não condicionados artificialmente, por exemplo.

No estudo de caso do presente trabalho é utilizado o método prescritivo para determinação do nível de eficiência energética do prédio da SEMAM.

### **4.2 Equação Geral de Eficiência**

As avaliações parciais recebem pesos, que são distribuídos da seguinte forma: envoltória (30%), sistema de iluminação (30%) e sistema de condicionamento de ar (40%). Cada sistema individual utiliza um equivalente numérico que se relaciona com o seu nível de eficiência, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Equivalente Numérico de cada nível de eficiência

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: INMETRO (2013)

Após as avaliações parciais, o nível de eficiência global da edificação é calculado a partir de uma equação geral (PT). Se o projeto ou a edificação construída possuir itens de bonificação, a pontuação pode ser acrescida em até um ponto (BRASIL, 2015).

As bonificações abrangem iniciativas, devidamente justificadas, que comprovadamente, aumentem a eficiência energética da edificação. Entre elas estão: elevadores que atingirem classe A pela avaliação da norma VDI 4707, sistemas para uso racional da água, sistemas ou fontes de energia renovável, sistema de cogeração e inovações técnicas ou sistemas, tais como iluminação natural (INMETRO, 2014).

A fórmula global pondera cada um dos sistemas individuais em função das características das áreas úteis total, dos ambientes condicionados e dos locais de passagem e de permanência. A equação geral (PT) é mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Equação Global do nível de eficiência energética da edificação

$$PT = 0,30 \left\{ \left( EqNumEnv \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + 0,30 EqNumDPI + 0,40 \left\{ \left( EqNumCA \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + b$$

onde,

EqNumEnv: Equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI: Equivalente numérico do sistema de iluminação;

EqNumCA: Equivalente numérico de ambientes condicionados artificialmente;

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;

AC: Área útil dos ambientes condicionados;

AU: Área útil;

b: Pontuação obtida pelas bonificações.

Fonte: BRASIL (2015)

O número de pontos obtidos na equação anterior irá definir a classificação geral da edificação de acordo com a Figura 10. As classificações final e parciais são apresentadas na ENCE da edificação.

Figura 10 – Classificação Geral da Edificação conforme o valor de PT

CLASSIFICAÇÃO FINAL	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: INMETRO, 2013

Além desta avaliação numérica, a edificação deve cumprir alguns requisitos gerais mínimos para que a mesma seja elegível à etiquetagem.

### 4.3 Pré-requisitos gerais

Os pré-requisitos listados a seguir devem ser cumpridos para que se possa efetuar a etiquetagem geral da edificação. Caso não sejam, as classificações parciais podem ser obtidas, mas as etiquetas não atingirão níveis A, B ou C.

Os circuitos elétricos da edificação devem ser separados por uso final (iluminação, tomadas de uso geral, tomadas de uso específico, ar condicionado etc) para que se possa atingir os níveis A e B na classificação geral. As exceções desta regra são: as edificações construídas antes de junho de 2009 e em hotéis que possuem circuitos individualizados por quarto que se desligam quando estão desocupados.

Quando a demanda de água quente de uma edificação for igual ou superior a 10% do consumo energético, como academias, clubes, hospitais, restaurantes, por exemplo, deve-se utilizar sistema de aquecimento solar, aquecedores a gás do tipo instantâneo ou sistemas de aquecimento de água por bomba de calor para suprir a demanda de água quente utilizada na edificação. Além disso, estas edificações devem apresentar a estimativa de tal demanda. Para obter o nível A da ENCE toda a água quente da edificação deve ser gerada por uma ou mais

fontes das citadas anteriormente e, ainda deve atender às especificações contidas no RTQ-C, que incluem o isolamento das tubulações e a existência de reservatórios para preservar o calor. Edifícios com sistema de aquecimento solar e a gás que atendam a menos de 70% da demanda de água quente e que sejam complementados por sistemas elétricos, atingirão no máximo nível C. Nos casos de edifícios em que este percentual seja superior a 70%, mas que a demanda de água quente também seja suprida por sistemas elétricos, o nível máximo de classificação será o nível B da ENCE.

#### **4.4 Bonificações**

As bonificações são contempladas no cálculo da equação geral de classificação da edificação através de uma pontuação que varia entre zero e um e, é representada pela letra b. É atribuído valor zero quando não existe nenhum sistema complementar que aumente a eficiência da edificação, e um quando uma das bonificações for implantada em sua totalidade. É possível também a combinação de mais de um sistema simultaneamente a fim de se obter o ponto da bonificação em sua totalidade. Todas as bonificações existentes devem ter seu potencial de redução de consumo de energia comprovado através de memorial de cálculo. Alguns exemplos de bonificações já foram tratados no item 4.2 do trabalho, porém mais algumas considerações a respeito do assunto devem ser feitas.

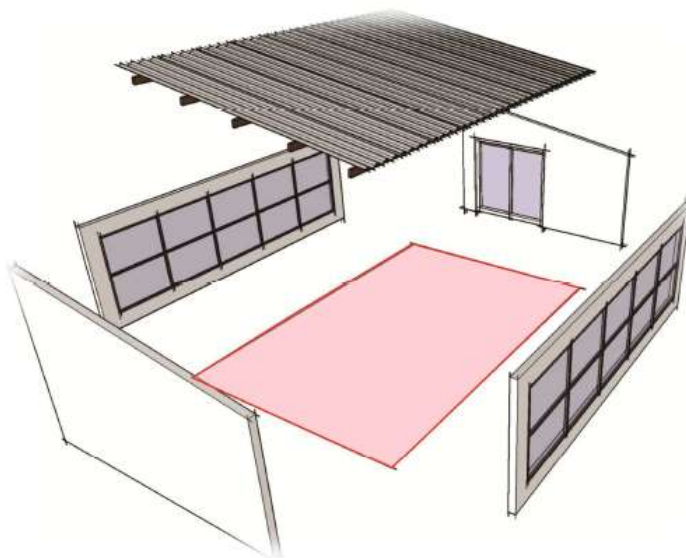
Os sistemas que racionalizem o uso da água devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício. Os sistemas que utilizem energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício. Os sistemas de cogeração e inovações técnicas, que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, devem proporcionar uma economia mínima de 30% no consumo anual de energia.

#### **4.5 Classificação da envoltória**

A envoltória pode ser comparada à pele da edificação. Trata-se do conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. Para a definição da envoltória, o meio externo exclui a parcela construída no subsolo da edificação, referindo-se exclusivamente às partes construídas acima do solo (INMETRO, 2013). O contato com o piso não é computado na área da envoltória.



Figura 11 – Elementos da envoltória de uma edificação



Fonte: INMETRO (2013)

A classificação da envoltória é feita através da determinação de alguns índices referentes às características físicas do edifício. Os parâmetros utilizados na determinação desses índices são: características dos materiais utilizados na cobertura e nas fachadas; volume da edificação, área total de piso; orientação das fachadas e pré-requisitos específicos para a avaliação da envoltória.

Além dos pré-requisitos gerais tratados no item 4.3, alguns pré-requisitos específicos da envoltória devem ser atendidos de acordo com o nível de eficiência pretendido para esta avaliação.

#### ***4.5.1 Pré-requisitos específicos da envoltória***

Os parâmetros de referência dos pré-requisitos específicos da envoltória são: transmitância térmica da cobertura e de paredes exteriores; cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital. Para obter a etiqueta de níveis A e B, é preciso atender aos três pré-requisitos. Para obtenção das etiquetas C e D, deve se considerar o pré-requisito de transmitância térmica.

Dependendo da região brasileira onde a obra é construída, as trocas de energia entre o ambiente interno e o externo são bastante distintas. Por exemplo: a utilização de cores claras nas fachadas e paredes exteriores é indicada para as edificações construídas na maioria das regiões brasileiras pois refletem bem a luz para o interior, evitando assim, um aumento do calor

interno. Por outro lado, essa prática não é aconselhada, em termos de eficiência energética, em cidades da Zona Bioclimática ZB1. Nestas cidades é indicado o uso de cores escuras nas fachadas para que os edifícios sejam aquecidos por radiação durante os meses frios de inverno (INMETRO, 2013). Para atender a esta diversidade climática do Brasil, os parâmetros de referência dos pré-requisitos específicos da envoltória variam de região para região. Com isso, o RTQ-C adota a classificação abordada na NBR 15220 – Parte 3 (Desempenho Térmico de Edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social). Esta norma classifica o Brasil em oito regiões bioclimáticas, que são denominadas de ZB1 a ZB8. Como é mostrado mais adiante, a edificação utilizada no estudo de caso está inserida na Zona Bioclimática ZB8. Por este motivo, é mostrado neste trabalho apenas os parâmetros de referência dos pré-requisitos da envoltória para esta região.

#### *4.5.1.1 Transmitância térmica*

A transmitância térmica mensura as trocas de calor entre os meios exterior e interior. Ela é uma medida do calor que passa em um intervalo de tempo, por uma área, de acordo com a diferença de temperatura. Sua unidade é o  $W/m^2K$ . Os valores de referência para a cobertura e para as paredes externas são distintos. A transmitância é avaliada separadamente para cada tipo de condicionamento (com condicionamento ou sem condicionamento), e deve ser atendido para os dois casos.

Para o nível A de classificação, a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites:  $1,00 W/m^2K$ , para ambientes condicionados artificialmente, e  $2,00 W/m^2K$ , para ambientes não condicionados. A transmitância das paredes externas ( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites:  $2,50 W/m^2k$ , para paredes com capacidade térmica máxima de  $80 kJ/m^2K$ , e  $3,70 W/m^2K$ , para paredes com capacidade térmica superior a  $80 kJ/m^2K$ .

Para o nível B de classificação, a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites:  $1,50 W/m^2K$ , para ambientes condicionados artificialmente, e  $2,00 W/m^2K$ , para ambientes não condicionados. A transmitância das paredes externas ( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites:  $2,50 W/m^2k$ , para paredes com capacidade térmica máxima de  $80 kJ/m^2K$ , e  $3,70 W/m^2K$ , para paredes com capacidade térmica superior a  $80 kJ/m^2K$ .

Para os níveis C e D de classificação, a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) não deve ultrapassar  $2,00 W/m^2K$  para qualquer ambiente. A transmitância das paredes externas

( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites: 2,50 W/m<sup>2</sup>k, para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K, e 3,70 W/m<sup>2</sup>K, para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m<sup>2</sup>K.

Os limites mostrados acima estão colocados de formas esquematizada nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Valores máximos de referência de transmitância térmica da cobertura por níveis de eficiência

<b>Níveis</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C e D</b>
Ambientes condicionados artificialmente (W/m <sup>2</sup> K)	1,00	1,50	2,00
Ambientes não condicionados	2,00	2,00	2,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Tabela 2 – Valores máximos de referência de transmitância térmica das paredes externas por níveis de eficiência

<b>Níveis</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C e D</b>
Paredes com capacidade térmica máxima de 80kJ/m <sup>2</sup> K (W/m <sup>2</sup> K)	2,50	2,50	2,50
Paredes com capacidade térmica superior a 80kJ/m <sup>2</sup> K (W/m <sup>2</sup> K)	3,70	3,70	3,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

#### 4.5.1.2 Cores e absorvância de superfícies

A absorvância representa a parcela da radiação que é absorvida pela edificação. De forma simplificada, quanto maior a absorvância, maior o calor interno. Diferentes cores e tipos de tintas utilizadas em superfícies opacas mudam esse índice. Cores claras também refletem melhor a luz para dentro da edificação. Telhados claros podem aumentar a luz que as aberturas zenitais transmitem. Paredes exteriores e fachadas escuras não irão refletir bem a luz para o interior (BRASIL, 2015). Uma forma de obter esse índice é a partir da listagem extraída da NBR 15220 – Parte 2, que lista o valor de absorvância de alguns materiais.

Figura 12 – Absortância solar de alguns materiais e cores

Tipo de superfície		$\alpha$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25
Caiacção nova		0,12 / 0,15
Concreto aparente		0,65 / 0,80
Telha de barro		0,75 / 0,80
Tijolo aparente		0,65 / 0,80
Reboco claro		0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25
Vidro colorido		0,40 / 0,80
Vidro metalizado		0,35 / 0,80
Pintura:	Branca	0,20
	Amarela	0,30
	Verde clara	0,40
	"Alumínio"	0,40
	Verde escura	0,70
	Vermelha	0,74
	Preta	0,97

Fonte: ABNT (2005)

Para o nível A de classificação, é obrigatória a utilização de materiais de revestimento externo de paredes e da cobertura com absortância solar baixa ( $\alpha \leq 0,50$  do espectro solar).

Para o nível B de classificação não existe restrição de absortância e cor do revestimento das paredes externas. Porém, esta exigência para a cobertura é mantida e, o seu valor limite é o mesmo do parágrafo anterior.

Os limites descritos acima estão colocados de forma esquematizada na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores máximos de referência de absortância solar por níveis de eficiência

Níveis	A	B	C e D
Absortância solar da cobertura	0,50	0,50	-
Absortância solar das paredes externas	0,50	-	-

Fonte Elaborado pelo autor (2018)

#### 4.5.1.3 Iluminação zenital

A definição de iluminação zenital indica que se trata da porção de luz natural que entra através dos fechamentos superiores dos espaços internos. Um telhado com uma claraboia ou um domo de vidro servem de exemplos. Ela permite uma iluminação muito mais uniforme que a obtida com janelas, reduzindo o consumo de eletricidade e recebendo muito mais luz natural ao longo do dia (BRASIL, 2015).

No caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ (percentual de abertura zenital), de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Limite de Fator Solar de vidros e de Percentual de Abertura Zenital em coberturas

<b>PAZ</b>	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
<b>FS</b>	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: INMETRO (2013)

#### 4.5.2 Procedimentos de cálculo

Depois de analisado o atendimento aos pré-requisitos específicos, é necessária a determinação de alguns parâmetros, que serão as variáveis da equação de classificação da eficiência da envoltória. A forma de determinação destes parâmetros é mostrada a seguir.

##### 4.5.2.1 Transmitância térmica, cores, absorvância das superfícies e fator solar

A transmitância térmica, que deve ser calculada para a avaliação do pré-requisito, é obtida a partir da média das transmitâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam.

As cores e absorvância de superfícies é a média das absorvâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam.

Outro parâmetro a ser obtido é o Fator Solar (FS). O Fator Solar é entendido como a razão entre o ganho de calor que entra num ambiente por meio de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Na equação de determinação da eficiência da envoltória, o RTQ-C solicita o FS dos vidros utilizados nas aberturas. Uma forma de determinar o FS é obter esses valores com os fabricantes.

#### 4.5.2.2 Fator Altura e Fator de Forma

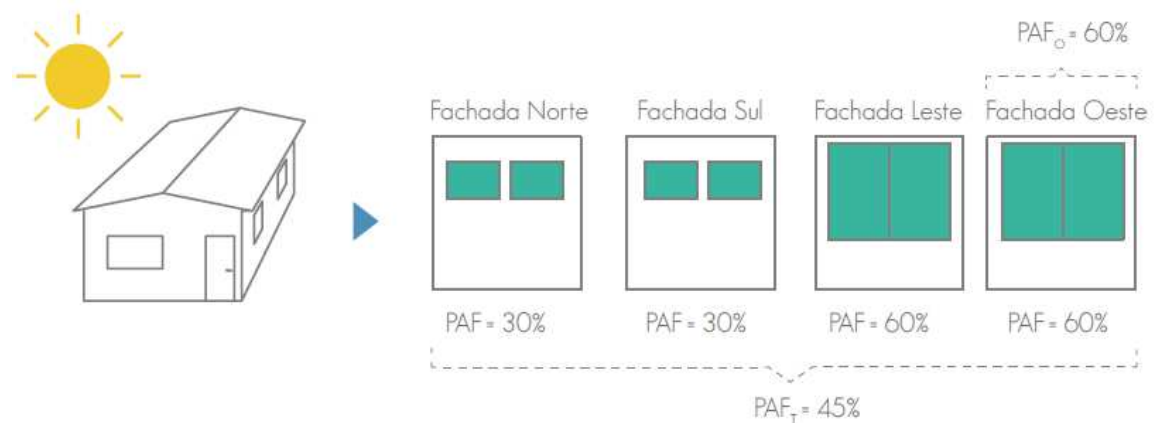
O Fator Altura (FA) é a razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída ( $A_{pcob}/A_{tot}$ ).

O Fator de Forma (FF) é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação ( $A_{env}/V_{tot}$ ).

#### 4.5.2.3 Percentual de Abertura na Fachada Total

O Percentual de Abertura na Fachada Total ( $PAF_t$ ) representa a razão entre a área de todas as aberturas e a área total de fachadas. Para o uso deste valor, antes deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada Oeste ( $PAF_o$ ) e em seguida o  $PAF_t$ . A fachada Oeste é a superfície que está voltada para a direção de  $270^\circ$  em sentido horário a partir do Norte geográfico. Se o  $PAF_o$  for pelo menos 20% maior que o  $PAF_t$ , a equação leva em conta o valor de  $PAF_o$ .

Figura 13 – Exemplo de cálculo de PAF



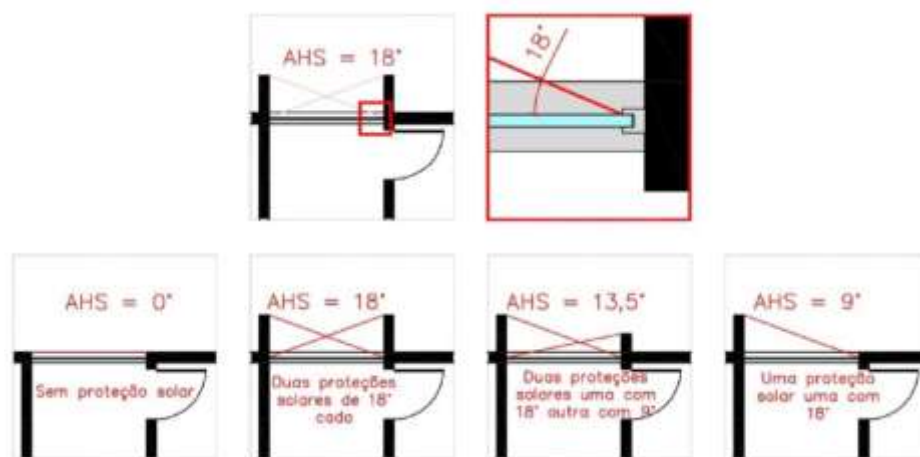
Fonte: BRASIL (2015)

#### 4.5.2.4 Ângulos de sombreamento

Os ângulos de sombreamento utilizados no cálculo da eficiência da envoltória são o resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas.

O AHS (ângulo horizontal de sombreamento) é o ângulo tomado no plano horizontal para a consideração do efeito das proteções solares verticais. O AHS de cada abertura deve ser calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral da abertura. O autossombreamento (sombreamento ocasionado pelo edifício sobre si mesmo) deve ser usado para cálculo dos ângulos de sombreamento.

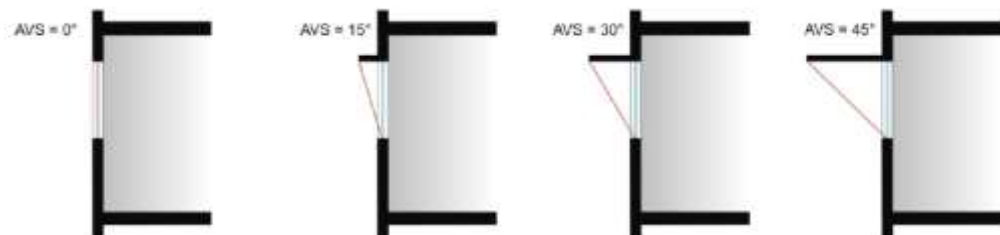
Figura 14 – Ângulos Horizontais de Sombreamento



Fonte: INMETRO (2013)

O AVS (ângulo vertical de sombreamento) é o ângulo tomado no plano vertical para a consideração do efeito das proteções solares horizontais.

Figura 15 – Ângulos Verticais de Sombreamento



Fonte: INMETRO (2013)

#### 4.5.3 Procedimento de determinação da eficiência da envoltória

De posse dos valores dos parâmetros do item 4.5.2, é utilizada uma equação ( $IC_{env}$ ) para determinação da eficiência da envoltória. Para cada zona bioclimática do país, existem duas equações diferentes: para edificações cuja área de projeção seja de até 500 m<sup>2</sup> e, para edificações com área de projeção maior que 500 m<sup>2</sup>. A edificação do estudo de caso possui área de projeção maior que 500 m<sup>2</sup>. Logo, é mostrada neste trabalho a equação referente apenas ao nosso estudo de caso. Há, ainda, limitações para a proporção de área de envoltória pelo volume total (FF).

A equação utilizada no estudo de caso é a seguinte:

$$IC_{env} = -160,36FA + 1277,29FF - 19,21PAF_t + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25PAF_t \cdot FF + 0,01PAF_t \cdot AVS \cdot AHS - 120,58 \quad (4.1)$$

O limite mínimo do Fator de Forma para essa equação é de  $FF = 0,17$ .

Após o cálculo de  $IC_{env}$ , calcula-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria,  $IC_{máxD}$ . Este valor é obtido por meio da mesma equação anterior, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros do  $IC_{máxD}$

<b>PAF<sub>t</sub></b>	<b>FS</b>	<b>AVS</b>	<b>AHS</b>
0,60	0,61	0	0

Fonte: INMETRO (2013)

É calculado então o limite mínimo de consumo,  $IC_{mín}$ , a partir da equação de  $IC_{env}$ , mudando apenas os parâmetros, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros de  $IC_{mín}$

<b>PAF<sub>t</sub></b>	<b>FS</b>	<b>AVS</b>	<b>AHS</b>
0,05	0,87	0	0

Fonte: INMETRO (2013)

Os valores de  $IC_{máxD}$  e  $IC_{mín}$  calculados representam os intervalos dentro do qual a edificação deve se inserir. O intervalo é dividido em quatro partes (i). Cada parte se refere a um nível de classificação numa escala que varia de A à E. A subdivisão i do intervalo é calculada de acordo com a fórmula:

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mín}) / 4 \quad (4.2)$$

Com o valor de i calculado, preenche-se a Tabela 7.

Tabela 7 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: INMETRO (2013)

Por fim, é comparado o valor de  $IC_{env}$ , inicialmente calculado, com os limites definidos na Tabela 7 e, então, o nível de eficiência da envoltória da edificação é identificado.

#### 4.6 Classificação do sistema de iluminação

A iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios públicos pois permite o trabalho em locais distantes da fachada e em horários em que a luz natural não atinge



os níveis mínimos de iluminação adequados (INMETRO, 2013). A garantia de conforto térmico dos usuários de uma edificação pública também passa pela determinação de níveis corretos de iluminação no interior desses prédios para que os servidores possam desempenhar o atendimento ao público de maneira satisfatória, assim como o usuário do serviço público deve ter conforto quando é atendido.

O sistema de iluminação artificial consome energia elétrica e ao mesmo tempo gera carga térmica. Esta carga térmica tem de ser retirado dos ambientes obrigando a um maior gasto de energia do sistema de condicionamento de ar. Assim, um edifício com um sistema eficiente de iluminação deve fornecer os níveis adequados de iluminância consumindo o mínimo de energia, sem afetar, entretanto, o conforto térmico e lumínico dos usuários da edificação. Esta seção do trabalho mostra como é calculado o nível de eficiência do sistema de iluminação de uma edificação pública.

Assim como ocorre na classificação da envoltória, a avaliação do sistema de iluminação requer o cumprimento de alguns pré-requisitos de acordo com o nível de eficiência pretendido para o sistema parcial.

#### ***4.6.1 Pré-requisitos específicos do sistema de iluminação***

Os parâmetros de referência dos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação são: divisão dos circuitos; contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação. Para obter a etiqueta nível A, é preciso atender aos três pré-requisitos. Para obter a etiqueta nível B, os dois primeiros pré-requisitos devem ser atendidos. Para obter a etiqueta nível C, apenas o pré-requisito de divisão dos circuitos deve ser atendido.

##### ***4.6.1.1 Divisão dos circuitos de iluminação***

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado (INMETRO, 2013).

#### *4.6.1.2 Contribuição da luz natural*

As luminárias próximas das janelas devem possuir um sistema de acionamento independente das demais luminárias do ambiente, de forma a propiciar o maior aproveitamento de luz natural possível.

#### *4.6.1.3 Desligamento automático do sistema de iluminação*

O sistema de iluminação de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deve possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Caso o ambiente possua área inferior a 250 m<sup>2</sup> e não possua sistema com desligamento automático, considera-se que o pré-requisito foi atendido.

#### *4.6.2 Procedimento de determinação da eficiência do sistema de iluminação*

A avaliação do sistema de iluminação é realizada através de um dos seguintes métodos: método da área do edifício ou método das atividades do edifício. Apenas o método da área do edifício será abordado neste referencial teórico, pois é o método utilizado no estudo de caso.

O método da área da edificação avalia o sistema de iluminação de forma geral e deve ser aplicado quando a edificação possua no máximo três atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício. Este método determina limites de densidade de potência em iluminação para a edificação. Estes limites, determinados pelo RTQ-C, já consideram a existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos. Quando a edificação é avaliada parcialmente, este método não poderá ser aplicado.

Primeiramente, é identificado a atividade principal do edifício de acordo com a tabela de densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L - W/m^2$ ) para cada nível de eficiência, fornecida pelo RTQ-C. Então, é determinada a área iluminada do edifício. Em seguida, multiplica-se a área iluminada do edifício pela  $DPI_L$ , para encontrar a potência limite do edifício. Por fim, é feita a comparação da potência total de iluminação instalada no edifício e a potência limite afim de que o sistema de iluminação seja finalmente classificado em algum nível de etiquetagem.

Tabela 8 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite	Densidade de Potência de Iluminação limite	Densidade de Potência de Iluminação limite	Densidade de Potência de Iluminação limite
	W/m <sup>2</sup> (Nível A)	W/m <sup>2</sup> (Nível B)	W/m <sup>2</sup> (Nível C)	W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: INMETRO (2010)

#### 4.7 Classificação do sistema de condicionamento de ar

Em edificações públicas, o ar condicionado é o sistema mais empregado no condicionamento artificial dos ambientes. Estes aparelhos são um dos grandes vilões no consumo de energia de uma edificação. A recomendação é que os profissionais de construção já prevejam o uso do ar condicionado e o insiram no início do projeto arquitetônico. Isso pode evitar modificações no desenho original e custos adicionais para a execução da obra ou mesmo de um retrofit (BRASIL, 2015).

A determinação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar depende da eficiência de cada equipamento utilizado e o cumprimento de pré-requisitos específicos, que são avaliados em cada ambiente separadamente.

#### 4.7.1 Pré-requisitos específicos do sistema de condicionamento de ar

Os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisitos apenas para o nível de eficiência A. Logo, caso não sejam atendidos, a edificação não poderá obter a etiqueta A. Esses pré-requisitos são: isolamento térmico para dutos de ar e condicionamento por aquecimento artificial.

##### 4.7.1.1 Isolamento térmico para dutos de ar

O isolamento de tubulações para o sistema de refrigeração do ar condicionado deve possuir espessuras mínimas de acordo com a Tabela 8.

Tabela 9 – Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: INMETRO (2010)

##### 4.7.1.2 Condicionamento por aquecimento artificial

Há indicadores mínimos de eficiência energética que medem a proporção entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida para sistemas com bombas de calor, aquecedores de acumulação a gás e sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso. O RTQ-C aponta as especificações permitidas e deve ser consultado (BRASIL, 2015). Essa exigência serve para os projetos de edificações nos quais é necessário adotar um sistema de aquecimento artificial, o que não é o caso do presente trabalho.

#### ***4.7.2 Procedimento de determinação da eficiência do sistema de condicionamento de ar***

Os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos no RTQ-C: os condicionadores avaliados pelo PBE/Inmetro e os não avaliados. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela e split, avaliados pelo PBE/Inmetro, são classificados por meio do nível de eficiência que o instituto atribui a cada modelo (BRASIL, 2015).

Para se chegar à etiquetagem de um ambiente, é preciso antes ponderar as eficiências de cada unidade. Isso é obtido pela razão entre a potência de cada unidade e a somatória da potência dos aparelhos. Por fim, multiplica-se o coeficiente de ponderação de cada unidade pelo equivalente numérico (dados do Inmetro), chegando-se ao resultado final de eficiência do sistema de condicionamento de ar da edificação.

Já os sistemas por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do Inmetro, são avaliadas por meio do seu desempenho em relação a certos níveis estipulados pelo RTQ-C (BRASIL, 2015).

## 5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS RELEVANTES E OUTRAS INFORMAÇÕES ACERCA DO PRÉDIO DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE MARACANAÚ

O presente trabalho foi desenvolvido na Secretaria de Meio Ambiente do município de Maracanaú, que está localizada no complexo administrativo do referido município, que abrange prédios de outras secretarias como a de Saúde e a de Infraestrutura. O prédio está localizado na Avenida II, nº 150, do bairro Jereissati I, nas coordenadas 3°52'27.56" S, 38°36'58.49" O.

Figura 16 – Imagem aérea do prédio da SEMAM



Fonte: GOOGLE (2018)

A motivação de ter escolhido o prédio da SEMAM para ser o estudo de caso deste trabalho se dá pelo fato de aliar a oportunidade de aplicação de práticas de eficiência energética em uma edificação cuja principal atividade-fim é a preservação do meio ambiente de Maracanaú. Desta forma, é esperado que esta avaliação energética seja referência no que diz respeito ao uso eficiente de energia nas outras edificações públicas de Maracanaú e, principalmente nos novos projetos de edificações.

O prédio da SEMAM foi inaugurado em janeiro de 2017. O prédio possui uma área total de 564,63 m<sup>2</sup>. A altura das fachadas é de 5,40 m. Alguns cuidados paisagísticos e cuidados

com o uso eficiente da energia foram tomados no projeto do prédio como é mostrado nos próximos parágrafos.

Figura 17 – Entrada do prédio da SEMAM



Fonte: Próprio autor (2018)

Algumas das principais atividades desenvolvidas no prédio da SEMAM são listadas a seguir: análise ambiental (licenciamento ambiental e estudo de impacto ambiental); emissão de alvará de construção, emissão de alvará de funcionamento de empreendimentos e aprovação de novos loteamentos; fiscalização de ocupações urbanas irregulares; georreferenciamento de imóveis; desenvolvimento de atividades voltadas à educação ambiental.

No projeto foram previstas duas salas a serem ocupadas como sendo o gabinete do vice-prefeito e sua respectiva recepção. Estas salas ocupam 83 m<sup>2</sup> da edificação conjunta e apresentam entrada independente do prédio da SEMAM. Porém, não representam uma edificação independente da SEMAM. Elas fazem parte da edificação principal.

Figura 18 – Entrada do gabinete do vice-prefeito



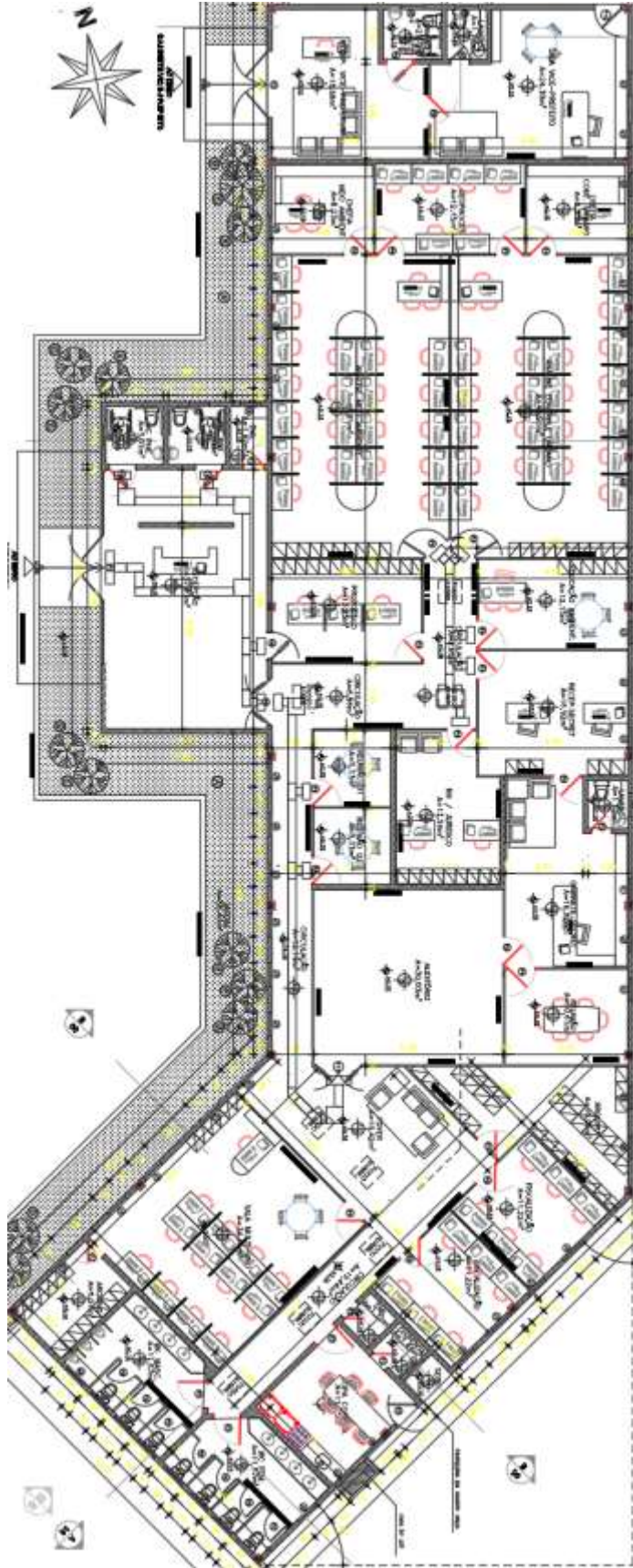
Fonte: Próprio autor (2018)

Alguns cuidados paisagísticos foram tomados na concepção do projeto, tais como: utilização de material na cobertura com bom desempenho térmico (telha de alumínio trapezoidal com uma camada de isopor); utilização de cores de baixa absorção solar nas fachadas (branco e verde-claro); abertura em todas as fachadas, o que permite um maior aproveitamento da iluminação natural.

Abaixo são mostradas a Figura 19 (plantas de layout do prédio) e a Tabela 10, que indica todos os ambientes do prédio e suas respectivas áreas.



Figura 19 – Planta de layout da SEMAM



Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da SEMAM (2015)

Tabela 10 – Dependências da SEMAM e suas respectivas áreas

<b>Ambiente</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Recepção	37,83
WC PNE 1	3,01
WC PNE 2	3,01
DML	1,92
Protocolo	13,95
Análise Meio Ambiente	48,21
Análise Controle Urbano	48,21
Chefia Meio Ambiente	8,23
Chefia Controle Urbano	8,23
Geoprocessamento	12,15
Recursos Humanos	12,15
Recepção Secretário	16,92
Gabinete Secretário	18,92
Lavabo (secretário)	1,72
Jurídico	13,54
Reunião 1	5,33
Reunião 2	5,33
Auditório	30,03
Fiscalização Controle Urbano	19,00
Fiscalização Ambiental	42,62
Coordenadoria Fiscalização Ambiental	5,76
Administrativo/Financeiro	16,17
Educação Ambiental	17,85
Arquivo da sala de Educação Ambiental	6,01
Copa-Cozinha	11,55
DML (Cozinha)	1,32
Dispensa	1,44
WC Masculino	11,57
WC Feminino	11,57
Circulação	45,34
Recepção Vice-prefeitura	18,68

WC (Recepção vice-prefeitura)	2,61
Sala Vice-prefeito	24,30
WC (Vice-prefeito)	1,79

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

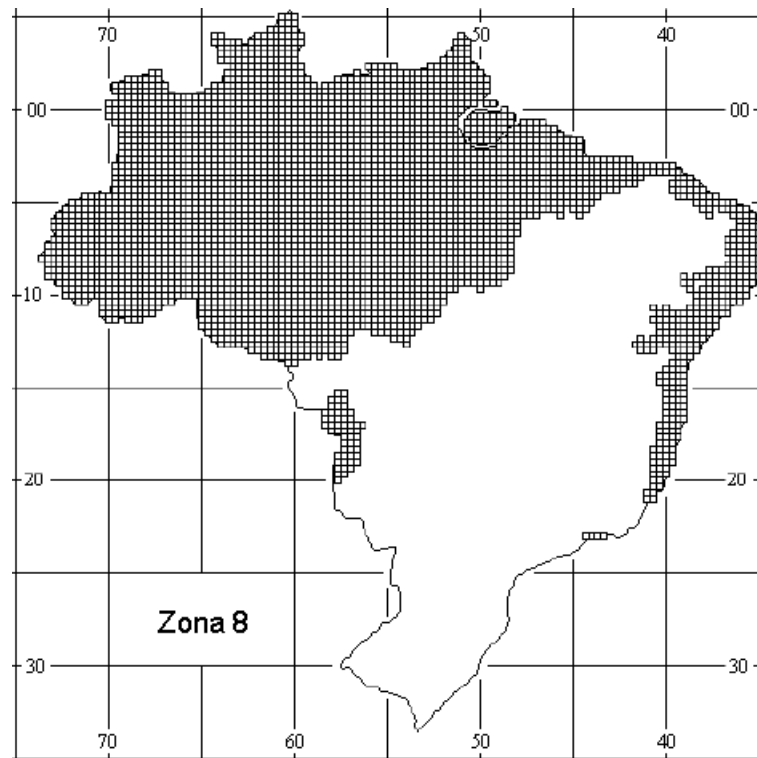
## 6 ESTUDO DE CASO

Muitas características do prédio em que foi feito o estudo de caso do presente trabalho já foram explanadas no capítulo 5. Diante disso, neste capítulo é apresentado o passo a passo da determinação da ENCE geral do prédio da SEMAM, que passa pela determinação dos índices de eficiência dos sistemas parciais. A classificação final, bem como a ENCE geral que seria obtida, é determinada no final do capítulo.

### 6.1 Classificação da envoltória do prédio da SEMAM

Para a análise da envoltória determina-se primeiramente através da NBR 15220 – Parte 3, que o prédio da SEMAM está localizado na Zona Bioclimática 8, que abrange a cidade de Maracanáu.

Figura 20 – Zona Bioclimática 8



Fonte: ABNT (2003)

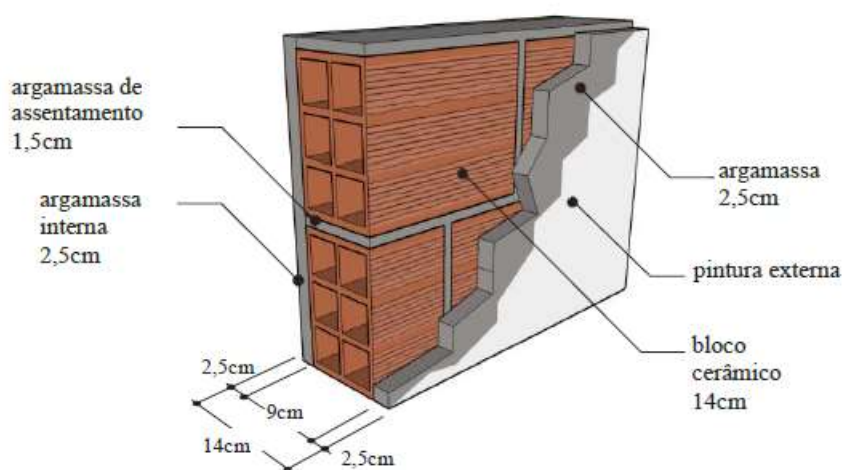
Nas seções seguintes é mostrado o passo a passo de como foi determinado os parâmetros utilizados na equação de determinação da eficiência da envoltória bem como sua classificação.

### 6.1.1 Transmitância térmica da cobertura e das paredes externas

A cobertura do prédio da SEMAM é composta de apenas um material. Ela é feita de alumínio tipo trapezoidal sanduíche com uma camada de 40 cm de poliestireno (isopor). O valor de transmitância térmica para esta configuração é de  $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ , segundo o anexo V da portaria nº 50, do Inmetro (Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros).

As paredes externas são compostas por blocos cerâmicos (tijolos), camadas de argamassa interna e argamassa externa. O valor de transmitância térmica dessa configuração é de  $2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ , segundo o mesmo anexo.

Figura 21 – Configuração das paredes externas da SEMAM



Fonte: INMETRO (2013)

### 6.1.2 Absortância das superfícies e Fator Solar

A absortância solar da cobertura é de  $\alpha = 0,05$ . Este valor é obtido a partir da tabela mostrada na Figura 11 do trabalho (chapa de alumínio nova e brilhante).

Nas paredes externas são usadas duas cores no revestimento: branca e verde-claro. Para o cálculo da absortância das paredes, é feita a ponderação dos valores de absortância de cada cor pela área que ocupam na fachada. Os valores de absortância das cores branca e verde-claro são 0,20 e 0,40, respectivamente. Estes valores são obtidos da Figura 11.

A área da envoltória ocupada pela cor branca foi medida em campo. E foi calculada em  $47,52 \text{ m}^2$ . A área total da envoltória foi calculada a partir das plantas do projeto arquitetônico. Seu valor é de  $680,45 \text{ m}^2$ . Descontando deste valor, a área da cor branca, tem-se que a área ocupada pela cor verde é de  $632,93 \text{ m}^2$ . Fazendo a ponderação dos valores, tem-se que a absortância média é de:

$$\alpha = (0,20.47,52 + 0,40.632,93) / 680,45 = 0,39$$

Figura 22 – Utilização das cores branca e verde-claro nas fachadas



Fonte: Próprio autor (2018)

O Fator Solar dos vidros utilizados nas aberturas da edificação é obtido através do Anexo da Portaria nº 50 do Inmetro. O valor fornecido foi de 0,23 (item 41 da tabela de propriedade de vidros).

### **6.1.3 Fator Altura e Fator Forma**

Os índices FF e FA foram calculados a partir de valores retirados do projeto arquitetônico. Os valores determinados foram:

$$FA = A_{\text{pcob}}/A_{\text{tot}} = (564,63 / 564,63) = 1$$

$$FF = A_{\text{env}}/V_{\text{tot}} = (564,63 + 680,45) / (564,63.5,40) = 0,41$$

### **6.1.4 Percentual de abertura nas fachadas**

Primeiramente, é determinada a orientação das fachadas conforme mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Orientação das fachadas da SEMAM



Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da SEMAM (2015)

Então, a partir de medições em campo e na planta arquitetônica da SEMAM, foram calculadas as áreas de cada fachada, bem como as áreas de abertura presentes em cada uma. Essas informações foram agrupadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Área das fachadas, aberturas e valores de PAF

Fachada	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área das aberturas (m <sup>2</sup> )	PAF (%)
Norte	145,75	10,23	7,02
Sul	112,48	6,88	6,12
Leste	193,54	22,10	11,42
Oeste	228,69	32,90	14,39
<b>Total</b>	<b>680,45</b>	<b>72,11</b>	<b>10,60</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No cálculo do índice de eficiência da envoltória, é utilizado o valor de PAF<sub>O</sub> ao invés de PAF<sub>t</sub>, pois esse valor supera PAF<sub>t</sub> em mais de 20%.

Figura 24 – Detalhe de aberturas na fachada Oeste



Fonte: Próprio autor (2018)

### 6.1.5 Ângulos de sombreamento

Só há duas proteções horizontais na edificação e, elas estão localizadas na fachada Oeste, na entrada principal e na entrada da sala do vice-prefeito. Logo,  $AVS_N = AVS_L = AVS_S = 0$ . O cálculo de AVS é mostrado abaixo.

$$AVS = \frac{AVS1 \times Aabertura1 + AVS2 \times Aabertura2}{Aabertura_{total}} \quad (6.1)$$

$$AVS = \frac{50^\circ \times 11,76 + 50^\circ \times 4,20}{72,11} = 11,07^\circ$$

Figura 25 – Detalhe de uma das proteções horizontais



Fonte: Próprio autor (2018)



Os ângulos horizontais de sombreamento são devidos ao autossombreamento (sombreamento ocasionado pelo edifício sobre si mesmo). Estes sombreamentos incidem sobre a fachada Oeste e a fachada Norte. Logo,  $AHS_S = AHS_L = 0$ .

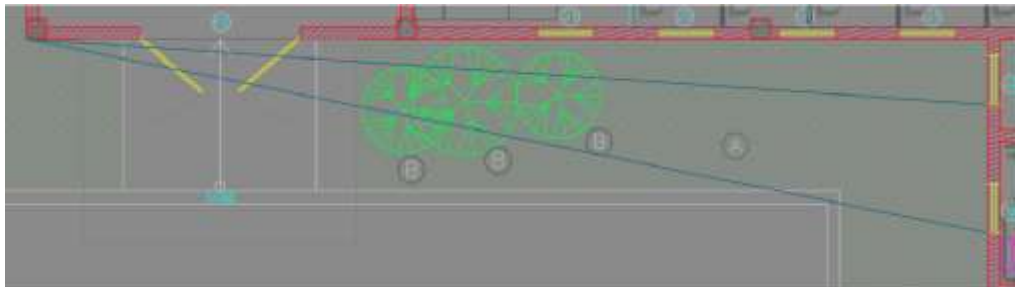
Figura 26 – Sombreamento incidente na fachada Oeste



Fonte: Próprio autor (2018)

O cálculo de  $AHS_N$  é calculado conforme a indicação dos ângulos de sombreamento incidentes na fachada Norte, conforme Figura 26.

Figura 27 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Norte



Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da SEMAM (2015)

$$\theta_1 = \arctan 11,95/0,8 = 86,17^\circ$$

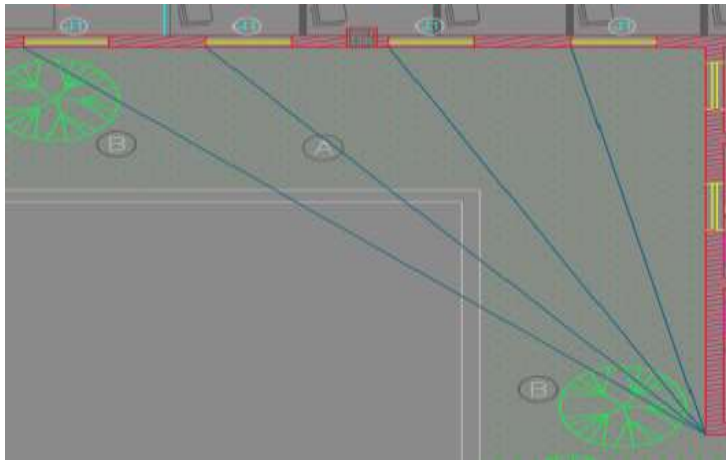
$$\theta_2 = \arctan 11,95/2,40 = 78,64^\circ$$

$$AHS_N = \frac{\frac{86,17}{2} \times 0,26 + \frac{78,64}{2} \times 0,26}{10,23}$$

$$AHS_N = 2,09^\circ$$

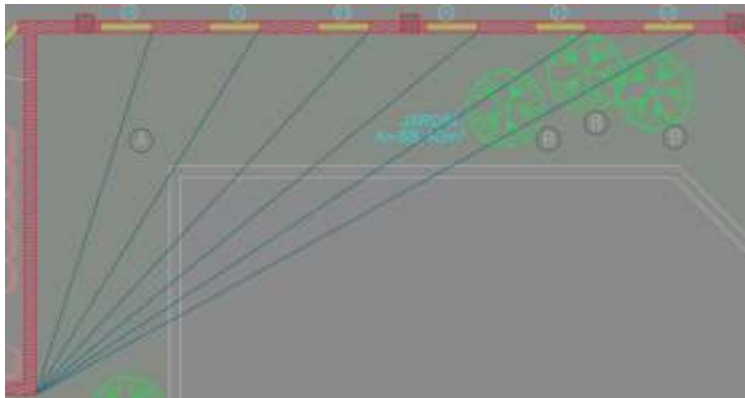
O cálculo de  $AHS_O$  é calculado conforme a indicação dos ângulos de sombreamento incidentes na fachada Oeste, conforme as Figuras 28 e 29.

Figura 28 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Oeste (ângulos 1 a 4)



Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da SEMAM (2015)

Figura 29 – Incidência dos ângulos horizontais de sombreamento na fachada Oeste (ângulos 5 a 10)



Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da SEMAM (2015)

$$\theta_1 = \arctan 5/5,6 = 41,76^\circ$$

$$\theta_2 = \arctan 5/4,1 = 50,65^\circ$$

$$\theta_3 = \arctan 5/2,6 = 62,53^\circ$$

$$\theta_4 = \arctan 5/1,10 = 77,59^\circ$$

$$\theta_5 = \arctan 5/1,60 = 72,26^\circ$$

$$\theta_6 = \arctan 5/3,10 = 58,20^\circ$$

$$\theta_7 = \arctan 5/4,60 = 47,39^\circ$$

$$\theta_8 = \arctan 5/6,10 = 39,34^\circ$$

$$\theta_9 = \arctan 5/7,60 = 33,34^\circ$$

$$\theta_{10} = \arctan 5/9,10 = 28,79^\circ$$

*AHS<sub>O</sub>*

$$= \frac{\frac{41,76}{2} \times 1,46 + \frac{50,65}{2} \times 1,46 + \frac{62,53}{2} \times 1,46 + \frac{77,59}{2} \times 1,46 + \frac{72,26}{2} \times 1,46 + \frac{58,20}{2} \times 1,46 + \frac{47,39}{2} \times 1,46 + \frac{39,34}{2} \times 1,46 + \frac{33,34}{2} \times 1,46 + \frac{28,79}{2} \times 1,46}{32,90}$$

$$AHS_O = 11,36^\circ$$

$$AHS = \frac{AHS_O \times A_{aberturaO} + AHS_N \times A_{aberturaN} + 0 + 0}{72,11}$$

$$AHS = 5,48^\circ$$

### 6.1.6 Verificação dos pré-requisitos da envoltória

Comparando os valores calculados de transmitância térmica da cobertura; paredes externas e absorvância solar das superfícies com os valores de referência mostrados no item 4.5.1, tem-se que o prédio da SEMAM atingiu os níveis de referência para o nível de etiquetagem A.

### 6.1.7 Determinação de $IC_{env}$

Os índices utilizados no cálculo da eficiência da envoltória e, que foram calculados nas seções anteriores, foram reunidos na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores das variáveis da envoltória

Descrição	Valor
Área de projeção da cobertura ( $A_{pcob}$ )	564,63 m <sup>2</sup>
Área total construída ( $A_{tot}$ )	564,63 m <sup>2</sup>
Área da envoltória ( $A_{env}$ )	1245,08 m <sup>2</sup>
Volume total ( $V_{tot}$ )	3049 m <sup>3</sup>
Fator Altura (FA)	1
Fator de Forma (FF)	0,41
Percentual de abertura na fachada Oeste (PAF <sub>O</sub> )	14,39%
Fator Solar (FS)	0,23
Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)	11,07°
Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)	5,48°

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O cálculo de  $IC_{env}$  está mostrado abaixo de acordo com a equação mostrada no item 4.5.3 do trabalho.

$$IC_{env} = -160,36FA + 1277,29FF - 19,21PAF_O + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25PAF_O.FF + 0,01PAF_O.AVS.AHS - 120,58 \quad (6.2)$$

$$IC_{env} = -160,36.1 + 1277,29.0,41 - 19,21.0,1439 + 2,95.0,23 - 0,36.11,07 - 0,16.5,48 + 290,25.0,1439.0,41 + 0,01.0,1439.11,07.5,48 - 120,58$$

$$IC_{env} = \mathbf{253,01}$$

### 6.1.8 Determinação de $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$

A determinação dos limites de  $IC_{env}$  é feita utilizando a própria equação de  $IC_{env}$  utilizando os parâmetros das Tabelas 5 e 6, mostrados no item 4.5.3 do trabalho.

$$IC_{máxD} = -160,36FA + 1277,29FF - 19,21PAF_O + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25PAF_O.FF + 0,01PAF_O.AVS.AHS - 120,58 \quad (6.2)$$

$$IC_{máxD} = -160,36.1 + 1277,29.0,41 - 19,21.0,60 + 2,95.0,61 - 0,36.0 - 0,16.0 + 290,25.0,60.0,41 + 0,01.0,60.0.0 - 120,58$$

$$IC_{máxD} = \mathbf{304,42}$$

$$IC_{mín} = -160,36FA + 1277,29FF - 19,21PAF_O + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25PAF_O.FF + 0,01PAF_O.AVS.AHS - 120,58 \quad (6.2)$$

$$IC_{mín} = -160,36.1 + 1277,29.0,41 - 19,21.0,05 + 2,95.0,87 - 0,36.0 - 0,16.0 + 290,25.0,05.0,41 + 0,01.0,05.0.0 - 120,58$$

$$IC_{mín} = \mathbf{250,31}$$

### 6.1.9 Determinação de $i$

O intervalo de classificação da envoltória dentro do qual o prédio da SEMAM deve se inserir é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mín}) / 4 \quad (6.3)$$

$$i = (304,42 - 250,31) / 4$$

$$i = \mathbf{13,53}$$

### 6.1.10 Determinação dos limites de cada intervalo e do nível de eficiência da envoltória da SEMAM

O último passo para determinação da eficiência da envoltória é o preenchimento da Tabela 7, mostrada no item 4.5.3 do trabalho. A tabela preenchida de acordo com os parâmetros da edificação estudada está mostrada abaixo.

Tabela 13 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência do prédio da SEMAM

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Lim Mín	-	263,84	277,37	290,90	304,43
Lim Máx	263,83	277,36	290,89	304,42	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir da tabela acima e da análise dos pré-requisitos da envoltória, analisados na seção 6.1.6, infere-se que a avaliação da envoltória da SEMAM alcançou o nível A de etiquetagem proposta pelo Inmetro, com EqNumEnv igual 5.

## 6.2 Classificação do Sistema de iluminação da SEMAM

O sistema de iluminação do prédio da SEMAM é composto por lâmpadas fluorescentes do tipo tubular em luminária nas configurações (2x16W) e (1x16W). A configuração predominante é a primeira, sendo que a segunda é utilizada nos banheiros e outras dependências que possuem área bastante reduzida.

Figura 30 – Luminária do tipo 2x16W



Fonte: Próprio autor (2018)

É feita então a checagem dos pré-requisitos de iluminação afim de enquadrar o nível mínimo de eficiência que o prédio da SEMAM pode alcançar. Em seguida, é feita a determinação da eficiência do sistema de iluminação.

### **6.2.1 Avaliação dos pré-requisitos do sistema de iluminação da SEMAM**

O sistema de iluminação da SEMAM é elegível à etiquetagem do Inmetro apenas no nível C, pois ele cumpre apenas dois pré-requisitos. O pré-requisito de divisão dos circuitos de iluminação foi cumprido. O pré-requisito de desligamento automático do sistema de iluminação não é aplicável pois o edifício não possui nenhum ambiente com área maior ou igual a 250 m<sup>2</sup>. Logo, considera-se que o pré-requisito foi cumprido. O pré-requisito de aproveitamento da luz natural não foi cumprido. Logo, segundo o que consta no item 4.6.1 do trabalho, a edificação atingirá no máximo nível C de etiquetagem para o sistema de iluminação.

### **6.2.2 Determinação da eficiência do sistema de iluminação da SEMAM**

O método utilizado é o da área do edifício, conforme mostrado no item 4.6.2. O primeiro passo é identificar a atividade principal do edifício, conforme a Tabela 8, que foi extraída do RTQ-C. A atividade principal da SEMAM se enquadra na opção da tabela denominada como “Prefeitura – Inst. Gov”. Abaixo é transcrito um trecho da Tabela 8 que mostra os limites de densidade de potência de iluminação para cada nível de eficiência da opção “Prefeitura – Inst. Gov”.

Tabela 14 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) de prédios do tipo Prefeitura, Instalações Governamentais

<b>DPIL limite nível A (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>DPIL limite nível B (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>DPIL limite nível C (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>DPIL limite nível D (W/m<sup>2</sup>)</b>
9,9	11,4	12,9	14,4

Fonte: INMETRO (2010)

Então, é feito o levantamento de potência instalada da SEMAM. O resultado é mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 – Levantamento de potência instalada de iluminação da SEMAM

<b>Ambiente</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>LF (1x16W)</b>	<b>LF (2x16W)</b>
Recepção Vice-prefeitura	18,68	0	5
WC (Recepção vice-prefeitura)	2,61	1	0
Sala Vice-prefeito	24,30	0	5
WC (Vice-prefeito)	1,79	1	
Recepção	37,83	0	8
WC PNE 1	3,01	1	0
WC PNE 2	3,01	1	0
DML	1,92	1	0
Protocolo	13,95	0	2
Circulação	45,34	0	13
Administrativo/Financeiro	16,17	0	6
Educação Ambiental	17,85	0	6
Arquivo da sala de Educação Ambiental	6,01		1
WC Masculino	11,57	3	0
WC Feminino	11,57	3	0
Copa-cozinha	11,55	0	4
Fiscalização Controle Urbano	19,00	0	6
Fiscalização Ambiental	42,62	0	10
Coordenador Fiscalização Ambiental	5,76	0	1
Auditório	30,03	0	8
Reunião 1	5,33	0	1
Reunião 2	5,33	0	1
Jurídico	13,54	0	3
Recepção Secretário	16,92	0	4
Gabinete Secretário	18,92	0	3
WC Secretário	1,72	1	0
Recursos Humanos	12,15	0	3

Análise Controle Urbano	48,21	0	12
Chefia Controle Urbano	8,23	0	2
Geoprocessamento	12,15	0	4
Análise Meio Ambiente	48,21	0	12
Chefia Meio Ambiente	8,23	0	2
DML	1,32	0	0
Dispensa	1,44	0	0
<b>Total</b>	<b>564,63</b>	<b>12</b>	<b>122</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A potência total instalada de iluminação é de:  $12 \times 16W + 122 \times 2 \times 16W = 4096 W$ .

Logo, a DPIL da SEMAM é de  $7,25 W/m^2$  ( $4096 W / 564,63 m^2$ ). Comparando o valor obtido com os valores limites de DPIL da tabela 14 e levando em conta o cumprimento dos pré-requisitos específicos, conclui-se que o sistema de iluminação da SEMAM alcançou o nível C de etiquetagem, com EqNumDPI igual a 3.

### 6.3 Classificação do sistema de condicionamento de ar da SEMAM

Para obter a classificação do sistema de ar condicionado, é necessário um levantamento dos equipamentos instalados em todos os ambientes. Os equipamentos de ar condicionado presentes no prédio da SEMAM são do tipo split-teto e Hi-Wall. Também são regulamentados pelo Inmetro, através das tabelas de classificação do PBE.

Na tabela a seguir, é mostrado as potências de cada equipamento; o seu nível de eficiência, bem como o seu equivalente numérico (variando de 5 a 1, conforme a letra de etiquetagem); a ponderação de cada unidade, que nada mais é do que a potência da unidade dividida sobre a potência total de ar-condicionado do prédio da SEMAM; o resultado ponderado, que é o resultado da multiplicação entre a ponderação da unidade em questão e o seu equivalente numérico. A eficiência do sistema total é obtida através da soma de todos os resultados ponderados.



Tabela 16 – Levantamento das unidades de ar-condicionado da SEMAM

Fabricante	Modelo	Potência (Btu/h)	Eficiência da Unidade	Equivalente numérico	Ponderação	Resultado ponderado
Elgin	PEFI30B2NA	30000	A	5	0,09346	0,46730
Elgin	PHFI-36000-2	36000	C	3	0,11215	0,33645
Yang	TCI-7CO-AB	7000	A	5	0,02181	0,10905
Philco	PH9000FM	9000	A	5	0,02804	0,14020
Samsung	AR18KCFUAWQ XAZ	18000	B	4	0,05607	0,22428
Philco	PH9000FM	9000	A	5	0,02804	0,14020
Elgin	SRFI-18000-2	18000	C	3	0,05607	0,16821
Yang	TCI-7CO-AB	7000	A	5	0,02181	0,10905
Yang	TCI-18CO-AB	18000	B	4	0,05607	0,22428
Elgin	SHFI-9000-2	9000	C	3	0,02804	0,08412
Philco	PH9000FM	9000	A	5	0,02804	0,14020
Philco	PH12000FMS	12000	A	5	0,03738	0,18690
Philco	PH12000FMS	12000	A	5	0,03738	0,18690
LG	SLN124FLA	12000	A	5	0,03738	0,18690
LG	SLN124FLA	12000	A	5	0,03738	0,18690
Yang	TCI-24CO-AB	24000	E	1	0,07477	0,07477
Yang	TCI-18CO-AB	18000	B	4	0,05607	0,22428
Springer	42MCA009515LS	9000	C	3	0,02804	0,08412
Yang	TCI-7CO-AB	7000	A	5	0,02181	0,10905
Yang	TCI-18CO-AB	18000	B	4	0,05607	0,22428
Komeco	KOS18FC3HX	18000	A	5	0,05607	0,28035
Springer	42MCA009515LS	9000	C	3	0,02804	0,08412
<b>Total</b>	<b>22 unidades</b>	<b>321000</b>			<b>1</b>	<b>3,97191</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir do valor da soma dos resultados ponderados e consultando a Figura 10, que mostra os limites numéricos de cada intervalo de classificação, é constatado que o sistema de

condicionamento de ar da SEMAM alcançou o nível B de etiquetagem, com EqNumCA igual a 3,97.

Como o sistema recebeu a classificação B, não é necessário a verificação do pré-requisito específico do isolamento térmico dos dutos de ar pois o não atendimento a esse pré-requisito impede apenas a obtenção do nível A de etiquetagem.

#### 6.4 Classificação geral do prédio da SEMAM

Algumas considerações devem ser feitas antes da classificação geral da edificação. A primeira é que o prédio da SEMAM cumpre o pré-requisito geral de possuir circuitos separados por uso final logo, ela é elegível à etiquetagem nos níveis A, B e C. A segunda e última consideração é que o prédio não possui nenhuma bonificação das citadas no item 4.4.

Para a determinação do índice de eficiência energética do prédio da SEMAM, é utilizado a equação mostrada na Figura 9, que está no capítulo 4. Esta equação determina o valor de PT, que irá indicar a etiqueta da edificação.

$$PT = 0,30 \left\{ \left( 5 \times \frac{461,77}{564,63} \right) + \left( 5 \times \frac{102,86}{564,63} \right) \right\} + 0,30 \times 3 \\ + 0,40 \left\{ \left( 3,97 \times \frac{461,77}{564,63} \right) + \left( 5 \times \frac{102,86}{564,63} \right) \right\}$$

$$PT = 1,5 + 0,9 + 1,66 = 4,06$$

Consultando os limites definidos na Figura 10, é possível afirmar que o prédio da SEMAM receberia a etiqueta do Inmetro nível B em sua avaliação geral.

## 7 CONCLUSÃO

A preocupação cada vez maior com a eficiência energética, deve-se em grande parte à escassez de recursos naturais. Nos últimos anos a busca por fontes de energia renovável tem aumentado significativamente. Nesse contexto, juntamente com os outros desdobramentos das políticas de eficiência energética no nosso país nos últimos anos, o Inmetro e o Programa Brasileiro de Etiquetagem editaram regulamentos afim de se promover projetos eficientes energeticamente nas edificações brasileiras.

O presente trabalho ocupou-se de usar um desses regulamentos, o RTQ-C, para avaliar a eficiência energética do prédio da Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú através do método prescritivo.

Foram analisados a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar. Os referidos sistemas alcançaram os níveis de etiquetagem A, C e B, respectivamente. A avaliação geral indicou que a edificação alcançou o nível B de etiquetagem do Inmetro.

Algumas medidas podem ser adotadas para elevar o nível de eficiência da SEMAM. Um exemplo seria a troca de alguns aparelhos de ar-condicionado que ainda não possuem etiquetagem nível A. Outra medida aconselhável a ser tomada é a divisão de circuitos por proximidade das aberturas em cada ambiente. Com o acionamento independente das lâmpadas próximas às janelas, teríamos um melhor aproveitamento da luz natural além dessa medida se constituir em um alcance do pré-requisito para que o sistema de iluminação alcance o nível A de etiquetagem.

Com esse trabalho, espera-se que os gestores públicos incentivem a concepção de projetos de edificações públicas mais eficientes, contribuindo assim para um uso mais eficiente da energia elétrica. E, conseqüentemente, servindo de exemplo e incentivo para que as demais edificações busquem a etiquetagem.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo de avaliação de eficiência de alguma edificação desde a fase de concepção do projeto, pois é nesse estágio que as variáveis dos sistemas parciais podem ser “moldadas” afim de se conceber um projeto mais eficiente. Algumas variáveis que podem ser manipuladas nesta etapa para a obtenção de uma maior classificação final são: previsão de maior número de aberturas nas fachadas; utilização de tintas e cores com baixo valor de absorvância solar nas fachadas; utilização de estruturas na cobertura que possuam baixo valor de transmitância térmica, assim como nas fachadas; previsão de aberturas zenitais na cobertura com dimensões que não prejudiquem o conforto térmico dos

usuários; utilização de vidros nas fachadas com baixo fator solar; previsão de proteções horizontais e verticais nas aberturas, assim como verificar a hipótese de usar o artifício de autossombreamento para assim, constituir proteções verticais; utilização de sistemas de iluminação mais eficientes , diminuindo assim a DPIL e aumentando o valor de EqNumDPI; comando independente para as lâmpadas mais próximas das aberturas; utilização de aparelhos de ar-condicionado etiquetados com o nível A pelo Inmetro; utilização de tubulações no sistema de condicionamento de ar que obedeçam às espessuras mínimas especificadas no RTQ-C, para garantir a etiquetagem máxima neste sistema parcial.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220 – PARTE 2:** métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220 – PARTE 3:** zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

BERTOLOTI, Dimas; NONATTO, José de Arimatéia. Iluminação natural colabora para o desempenho e a economia das edificações. **AECweb**, 2016. Disponível em: <[www.aecweb.com.br/cont/m/rev/iluminacao-natural-colabora-para-o-desempenho-e-a-economia-das-edificacoes\\_10561\\_0\\_1](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/iluminacao-natural-colabora-para-o-desempenho-e-a-economia-das-edificacoes_10561_0_1)>. Acesso em: 10 julho 2018.

BRASIL. Decreto nº 4059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 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. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 19 dez. 2001.

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 17 out. 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **O que fazer para tornar mais eficiente o uso de energia elétrica em prédios públicos?** 2015. Disponível em: <[www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf)>. Acesso em: 03 julho 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME, 2007. 372 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Eficiência Energética: Guia para Etiquetagem de Edifícios**. Volume 2. 1. ed. Brasília: MMA, 2015. 71 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2017: ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 296 p.

GALERIA DA ARQUITETURA. **Projeto do Shopping Center Iguatemi São José do Rio preto**, 2013. Altura: 1125 pixel. Largura: 1500 pixel. 219 Kb. Formato JPG. Disponível em: <[www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/insite-arquitetos\\_/shopping-center-iguatemi-sao-jose-do-rio-preto/1642](http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/insite-arquitetos_/shopping-center-iguatemi-sao-jose-do-rio-preto/1642)>. Acesso em: 10 julho 2018.

GBC BRASIL. **Certificação LEED**, 2015. Altura: 260 pixel. Largura: 373 pixel. 44,9 Kb. Formato JPG. Disponível em: <[www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php](http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php)>. Acesso em: 11 julho 2018.

GBC BRASIL. **Certificação LEED**, 2015. Altura: 490 pixel. Largura: 499 pixel. 113 Kb. Formato JPG. Disponível em: < [www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php](http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php)>. Acesso em: 11 julho 2018.

GOOGLE. **Google Earth Website**, 2018. Altura: 596 pixel. Largura: 740 pixel. 654 Kb. Formato PNG. Disponível em: < [www.earth.google.com](http://www.earth.google.com)>. Acesso em: 15 julho 2018.

HERNANDEZ, Neto Alberto; APOR, Mauro. Sistema de Ar Condicionado Eficiente reduz Consumo de Energia. **AECweb**, 2016. Disponível em: <[www.aecweb.com.br/cont/m/rev/sistema-de-ar-condicionado-eficiente-reduz-consumo-de-energia\\_10613\\_0\\_1](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/sistema-de-ar-condicionado-eficiente-reduz-consumo-de-energia_10613_0_1)>. Acesso em: 10 julho 2018.

INMETRO. **Anexo Geral V da Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013 – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/consumidor/produtospbe/regulamentos/AnexoV.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtospbe/regulamentos/AnexoV.pdf)>. Acesso em: 29 julho 2018.

INMETRO. **Manual para Aplicação do Regulamento Técnico de Qualidade para Níveis de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Eletrobras/Procel edifica/Inmetro, 2013. 202 p.

INMETRO. **Manual para Etiquetagem de Edificações públicas**. Eletrobras/Procel edifica/Inmetro, 2014. 120 p.

INMETRO. **O Programa Brasileiro de Etiquetagem**, 2016. Disponível em: <[http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php)>. Acesso em: 03 julho 2018.

INMETRO. **Parceiros do Programa Brasileiro de Etiquetagem**, 2016. Disponível em: < [www.inmetro.gov.br/pbe/parceiros.php](http://www.inmetro.gov.br/pbe/parceiros.php)>. Acesso em: 03 julho 2018.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – RTQ-C**. Eletrobras/Procel edifica/Inmetro, 2010. 96 p.

INMETRO. **Sobre o Programa Brasileiro de Etiquetagem**, 2016. Disponível em: < [www.pbeedifica.com.br/sobre](http://www.pbeedifica.com.br/sobre)>. Acesso em: 13 julho 2018.

INOVATECH. **Certificação AQUA-HQE**, 2015. Disponível em: <[www.inovatech engenharia.com.br/atuacao/certificacoes/aqua-hqe/](http://www.inovatech engenharia.com.br/atuacao/certificacoes/aqua-hqe/)>. Acesso em: 11 julho 2018.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Procel/Eletrobras, 2013. 382 p.

LEITE, Vinicius F. **Certificação Ambiental na Construção Civil: Sistemas LEED e AQUA**. 2011. 59 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAMEDE, Filho João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 945 p.

OBRAS SUSTENTÁVEIS. **O que é a Certificação LEED e como obter**, 2016. Disponível em: < [www.obrassustentaveis.com.br/sustentabilidade/selos-e-certificacoes/92-o-que-e-a-certificacao-leed-e-como-obter](http://www.obrassustentaveis.com.br/sustentabilidade/selos-e-certificacoes/92-o-que-e-a-certificacao-leed-e-como-obter)>. Acesso em: 10 julho 2018.

PROCEL EDIFICA. **Eficiência Energética nas Edificações**, 2016. Disponível em: <[www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm](http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm)>. Acesso em 14 julho 2018.

PROCEL EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2015. Altura: 1858 pixel. Largura: 1314 pixel. 1,08 MB. Formato PNG. Disponível em: < [www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica](http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica)>. Acesso em: 14 julho 2018.

PROCEL EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2015. Altura: 494 pixel. Largura: 348 pixel. 213 Kb. Formato PNG. Disponível em: < [www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica](http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica)>. Acesso em: 14 julho 2018.

PROCEL EDIFICA. **Perguntas frequentes – Etiquetagem de Edificações – Procel Info**, 2015. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B2D48CBEC-8B4C-453D-9194-84EEE808665D%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>>. Acesso em: 14 julho 2018.

TEM SUSTENTÁVEL. **Sistemas Construtivos Sustentáveis: opções modernas e cada vez mais aplicadas**, 2016. Disponível em: <[www.temsustentavel.com.br/sistemas-construtivos-sustentaveis-opcoes/](http://www.temsustentavel.com.br/sistemas-construtivos-sustentaveis-opcoes/)>. Acesso em: 09 julho 2018.