

UM ESTUDO DE CASO DE SUSTENTABILIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL CONFORME ETIQUETAGEM DO PROGRAMA PBE EDIFICA

José Luiz Fernandes¹

José Artur d'Oliveira Mussi²

Rosana Dischinger Miranda³

Carlos Alexandre de Souza e Silva⁴

Mariana Ribeiro Charles⁵

RESUMO

O presente trabalho apresenta a aplicação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE em uma edificação comercial localizada na região serrana do Rio de Janeiro. A edificação da nova sede foi projetada e construída, segundo seu proprietário, de forma a atender critérios de sustentabilidade. Na época, no entanto, nenhum método de certificação ambiental para projeto ou construção foi utilizado. Na classificação dessa edificação, foram adotadas as metodologias estabelecidas no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C, do Inmetro. As classificações da ENCE variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). A classificação final da edificação ficou no nível C, considerando que o empreendimento era tido, na sua concepção, como sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Certificação ambiental de edificações. PBE Edifica. ENCE.

¹ Pós-Doutor em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Integrante do departamento de Engenharia de Produção do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
jlui fernandes@gmail.com

² Mestre em Tecnologia pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Integrante do departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
arturmussi@gmail.com

³ Mestre em Tecnologia pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Integrante do departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
rosanacefetrj@gmail.com

⁴ Mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Integrante do departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
carlos.engciv.cefetrj@gmail.com

⁵ Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
marianacharles@live.com

SUSTAINABILITY APPLIED TO THE CONSTRUCTION: PBE EDIFICA PROGRAM LABELING: A CASE STUDY

ABSTRACT

This paper presents the implementation of the Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE in a commercial building located in the mountainous region of Rio de Janeiro. The building of the new headquarters was designed and built, according to its owner, in order to meet sustainability criteria. At the time, however, no method of environmental certification for design or construction was considered. For the classification of this building, the methods set out in the Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, the RTQ-C, from Inmetro, were adopted. ENCE rankings range from A (most efficient) to E (least efficient). The final classification of the building was at C level, considering that the project was thought in its design as sustainable.

Keywords: Sustainability. Buildings environmental certification. PBE Edifica. ENCE.

1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, o homem encarou a natureza como fonte infinita de recursos. O uso dos recursos naturais acima da capacidade do planeta está se tornando um dos principais desafios do século XXI, sendo um problema tanto ecológico quanto econômico (MACIEL, 2014). Nesse contexto, a sustentabilidade surge como uma necessidade da relação mais harmoniosa entre o homem e a natureza.

A construção civil é responsável por 40% da energia e 16% da água utilizadas no mundo (BOTTAMEDI, 2011). O Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (2014), em homepage do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel Info), afirma que aproximadamente metade da energia elétrica produzida no país é consumida na operação, manutenção e nos sistemas artificiais de iluminação, climatização e aquecimento de água de edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas.

Consequentemente, surge a necessidade da inserção de práticas sustentáveis nas edificações, buscando eficiência. No Brasil, desde a crise de energia de 2001, vem aumentando a preocupação com o consumo de energia. O visível impasse das megacidades brasileiras e mundiais, que é aliar desenvolvimento à sustentabilidade, abriu espaço para o advento das certificações, selos e etiquetas.

Por meio de leis, instruções normativas e decretos, o Governo Federal tem incentivado a etiquetagem em edificações. Uma das ações mais recentes foi a publicação da Instrução Normativa nº 2, em junho de 2014, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BRASIL, 2014), que ordena a etiquetagem de prédios públicos a partir desta data.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi escolhida como tema deste estudo. O objetivo do presente trabalho é analisar os elementos de sustentabilidade relacionados ao reuso da água, tratamento de esgoto e eficiência energética de uma dada construção, com ênfase na sua eficiência energética, adotando-se como instrumento de estudo o Regulamento Técnico da

Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), visando sua classificação de acordo com a etiqueta ENCE.

2 DESENVOLVIMENTO

O conceito de sustentabilidade está sendo aplicado em diferentes segmentos, dentre os quais está a construção civil, que, pelo poder transformador e consumidor de matérias-primas, energia e água, merece especial atenção, no sentido de contribuir, de maneira efetiva, na aplicação desse conceito.

2.1 Sustentabilidade: conceito e conscientização

Em 1987, foi apresentado o Relatório *Brundtland – Our Common Future*, (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987) como produto final da comissão do Meio Ambiente e Desenvolvimento, propondo o desenvolvimento sustentável. Este relatório faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Por meio desse Relatório, a Comissão classificou o conceito de Desenvolvimento Sustentável como: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”, além de considerar que deve ocorrer um processo de reestruturação e reorganização, tomando-se como base seis dimensões: científico-tecnológica, sociocultural, econômica, político-institucional, ambiental e espacial (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

O desenvolvimento sustentável tem como base, portanto, o crescimento econômico que atenda às expectativas da sociedade e mantenha o ambiente sadio para esta geração e as demais que virão (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Assim, as questões ambientais e sociais antes tidas como custos, atendimento a conformidades, concessão de licença de operações ou apenas prevenção de riscos, passaram a ser vistas como criação de valor, inovação de incentivos, enfim, vantagem competitiva frente às empresas (NICHIOKA, 2008).

A implantação de infraestrutura de base, como geração de energia, saneamento básico, comunicações, transportes, e a execução de edifícios públicos e privados, promovendo moradia, trabalho, educação, saúde e lazer, são atribuições do setor da construção civil. Além de toda sua abrangência, as intervenções da engenharia civil, em grande parte dos casos, têm um ciclo de vida bastante longo, cerca de 30 a 50 anos, sendo, dessa forma, crucial seu engajamento na sustentabilidade para uma mudança nos padrões estabelecidos até então (AGOPYAN; JOHN, 2011).

2.2 Certificações para edificações

Existem no mundo várias políticas de certificação ambiental, que buscam elevar o desempenho ambiental dos edifícios e, como consequência, fornecer-lhes um selo que agregue valor e ateste sua participação no processo (ROMÉRO; REIS, 2012).

Segundo Roméro e Reis (2012), estas certificações vêm crescendo desde a década de 1990. Todas refletem, de certa forma, as especificidades de cada país. Algumas, como é o caso do LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), se espalharam pelo mundo, vencendo os limites territoriais do país de origem. O HQE (*Haute Qualité Environnementale*), vindo da França, foi adaptado para o Brasil e denominado AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Há, ainda, o BREEAM (*Building Establishment Environmental Assessment Method*), o BEAM (*The Building Environmental Assessment Method*), o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), o DGNB (*German Sustainable Building Council*) e o PBE Edifica (Eficiência Energética nas Edificações), dentre outros.

2.3 PBE Edifica: eficiência energética nas edificações

Em dezembro de 1985, por meio da portaria interministerial nº 1.877, dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio Exterior, foi instituído o Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, que tem como premissa a integração de ações visando à conservação da energia elétrica no país (BRASIL, 2011).

A crise energética brasileira, ocorrida em 2001, teve como consequência imediata a promulgação da Lei de Eficiência Energética nº 10.295/2001 e a instituição de um complemento do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o subprograma Procel Edifica. Instituído em 2003, pela Eletrobras/Procel, 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 (BRASIL, 2011).

A Etiqueta do PBE Edifica faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem e foi desenvolvida em parceria entre o Inmetro e a Eletrobras/Procel. Essa etiqueta é um tipo de ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), que já classificava produtos domésticos de acordo com sua eficiência, variando de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente).

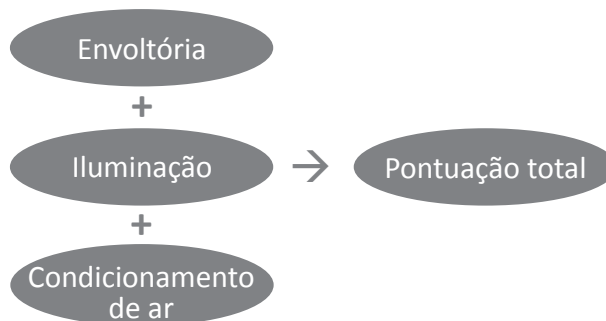
Para a etiquetagem em edifícios comerciais, foco do presente trabalho, são analisados três sistemas constituintes da edificação: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, conforme estabelecido pelo Centro Brasileiro de Informação Energética em Edificações (CBEEE), no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C (PBE EDIFICA, 2014).

2.4 Metodologia do RTQ-C

Para a obtenção da etiqueta, há dois métodos: o método prescritivo, que utiliza equações para o cálculo da eficiência energética da edificação, e o método da simulação, que utiliza modelagem computacional. Com a aplicação de um dos métodos, é obtida a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Essa etiqueta pode ser obtida na fase de projeto ou após a edificação construída

Para o método prescritivo, são avaliados separadamente três sistemas, obtendo-se níveis de eficiência parciais cuja combinação se dá em uma equação com a utilização de seus respectivos coeficientes de ponderação: o da envoltória, com 30%, o da iluminação, com 30%, e o de condicionamento de ar, com 40% do total da classificação da edificação (ver Figura 1).

Figura 1 - Esquema para obtenção da ENCE geral para edificação construída



Fonte: Os autores.

A envoltória é formada pelos elementos construtivos externos da edificação e acima do nível do solo. Para esse sistema, há três pré-requisitos: a transmitância térmica (da cobertura e das paredes), as cores e absorvância térmica (para as zonas bioclimáticas 2 a 8, o material de revestimento das paredes deve apresentar valor de absorvância baixo) e a iluminação zenital. Para o procedimento de cálculo, são necessárias informações do projeto: percentual de abertura de fachada, ângulos horizontais e verticais de sombreamento, fator altura, fator forma, cujas definições e cálculos estão indicados no RTQ-C. Para a determinação da eficiência da envoltória, é preciso calcular os índices de consumo da edificação, conforme equações do RTQ-C. O primeiro passo é determinar se a edificação possui mais ou menos de 500 m². Após, aplicam-se as equações conforme a zona bioclimática em que se encontra a edificação, conforme NBR 15.220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b).

Na avaliação do sistema de iluminação, há três pré-requisitos: a divisão de circuitos, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema de iluminação em ambientes com mais de 250 m². Para a obtenção do nível A, é necessário que se comprove todos esses pré-requisitos. Para a determinação da eficiência, existem dois métodos de cálculo:

- a) o método das áreas, que avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício, e que deve ser usado para edificações com até três atividades principais ou atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício; e
- b) o método das atividades, que avalia separadamente os ambientes do edifício e deve ser utilizado quando o método anterior não é aplicável.

O sistema de condicionamento de ar tem os seguintes pré-requisitos específicos: isolamento térmico dos dutos e condicionamento de ar por aquecimento artificial, na qual o sistema deve atender a valores mínimos de eficiência energética. Na determinação da classificação do sistema de condicionamento de ar, existem dois tipos de sistema: os regulamentados pelo Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e os não regulamentados. Para os regulamentados, é preciso conferir as tabelas atualizadas com as classificações dos equipamentos (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013). Para os não regulamentados, como, por exemplo, o sistema de aquecimento central, devem-se seguir os procedimentos descritos no RTQ-C. Além disso, alguns parâmetros devem ser calculados, finaliza-se, assim, o processo de etiquetagem pelo método prescritivo.

Além da pontuação obtida, iniciativas que aumentem a eficiência energética da edificação podem acrescentar até um ponto na classificação final da edificação. São as bonificações, e podem ser: racionalização de água, sistemas e fontes renováveis de energia, sistemas de cogeração e inovações técnicas ou sistemas e ainda elevadores que atingirem o nível A.

Após a conclusão de todos os cálculos dos sistemas de avaliações e bonificações, têm-se os valores dos equivalentes numéricos, que são utilizados para o cálculo da classificação final da edificação. A pontuação total é determinada pela equação 1, na qual são aplicados os valores dos equivalentes numéricos e as variáveis para o cálculo dessa pontuação.

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

Onde:

- a) PT – Pontuação total;
- b) EqNumEnv – Número representativo da eficiência da envoltória;
- c) AC – Área condicionada;
- d) AU – Área útil;
- e) APT – Área de permanência transitória;
- f) ANC – Área não condicionada;
- g) EqNumV – Número representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente;
- h) EqNumDPI – Número representativo da eficiência do sistema de iluminação;
- i) EqNumCA - Número representativo da eficiência do sistema de condicionamento de ar;
- j) b_0^1 - Pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 a 1.

A pontuação final indica o nível de eficiência geral da edificação, que é expresso como um dos cinco níveis: A (mais eficiente), B, C, D ou E (menos eficiente), conforme pontuação indicada na tabela 1.

Tabela1 - Pontuação equivalente para classificação final

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

Fonte: (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

A etiqueta com a classificação final tem a configuração apresentada na Figura 2, em cujo exemplo a edificação alcançou pontuação máxima (A).

Figura 2 - Exemplo de etiqueta de edificação construída para edificações comerciais, de serviço e públicas



Fonte: (PBE EDIFICA, 2014).

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso do presente trabalho consiste na simulação da certificação de um edifício comercial utilizando-se a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Geral, concedida por meio do programa PBE Edifica, adotando-se o método prescritivo. Serão avaliados os três sistemas: envoltória, iluminação e ar condicionado.

O edifício em estudo abriga a nova sede da Empresa A, localizada em um município da região serrana do Estado do Rio de Janeiro, a qual, no seu processo de expansão, optou por uma construção que considerasse elementos e técnicas sustentáveis. Não houve, na época, a solicitação de nenhuma certificação ambiental.

Essa nova edificação tem área de 7.000 m² e é composta de sete pavimentos e uma cobertura, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipologia do edifício em estudo

1º ao 3º pavimentos	1º - Recepção, auditório, garagem, guarita de segurança;
	2º - Garagem, hall e espaço cultural;
	3º - Escritório, embasamento e café;
4º ao 7º pavimentos	4º - Escritório, salas de reunião, copa, teto verde;
	5º - Escritório, salas de reunião, copa (todo pavimento ainda em obra);
	6º - Escritório; salas de reunião; copa;
	7º - Escritório, estúdio multimídia, copa;
Cobertura	8º - Cobertura recuada com <i>solarium</i> , escritórios, salas de reunião, sala de videoconferências e copa.

Fonte: Os autores.

3.1 Aspectos sustentáveis

O projeto da nova sede da Empresa A, inaugurada em 2011, foi concebido buscando-se a redução do consumo de água e energia, visando menor impacto ambiental e produzindo economia. Dentre os elementos considerados pela empresa como sustentáveis, destacam-se os descritos nos subitens a seguir.

Eficiência energética: a eficiência energética proposta no projeto dessa edificação faz parte de um conjunto de ações adotadas na realização dos serviços com menor consumo de energia. Os elementos considerados foram: telhado verde, aproveitamento da luz natural, lâmpadas de LED (cobertura), design de mobiliário e monitoramento de consumo.

Gestão de recursos hídricos: localizada em uma região privilegiada por nascentes e regime constante de chuvas, o projeto conta com a construção de um poço artesiano de aproximadamente 24m de profundidade. A água disponível nesse poço vai para uma cisterna, e o uso da água do poço foi regularizado junto aos órgãos competentes.

O sistema de reaproveitamento de água da chuva utilizou as lajes expostas impermeabilizadas, acima das quais há um *deck* constituído de peças espaçadas de madeira de lei (Ipê) sem tratamento químico. Pelo sistema de coleta entre esses dois pisos, a água da chuva é canalizada para um decantador com capacidade para 20mil litros e, de lá, é conduzida para uma cisterna. Um sistema de bombas de recalque é acionado para que a água em questão seja utilizada nos jardins dos próprios *decks* e também nas descargas dos sanitários.

Tratamento de esgoto: a cidade onde a edificação foi executada não possui sistema de tratamento de esgoto. A legislação do local exige que seja feito o tratamento primário do esgoto com fossa e filtro, antes de o efluente ser lançado na rede de águas pluviais. Na edificação, foi construída uma estação exclusiva de tratamento de esgoto e, além dos itens exigidos pela legislação, a Empresa faz a desinfecção do esgoto, utilizando pastilhas de cloro em um ambiente confinado, denominado cloreira.

3.2 Certificação

Para simular a certificação da edificação com o uso do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), foi adotado o método prescritivo. Calculou-se, portanto, a eficiência de cada um dos três sistemas, para que seja, então, verificada a pontuação final (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

3.3 Levantamento de dados e aplicação das fórmulas

Área condicionada: é a área útil dos ambientes condicionados artificialmente. Temos: $AC = 5.154 \text{ m}^2$

Área não condicionada: é a área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada. Como a edificação em estudo tem finalidade comercial, a maioria dos seus ambientes é vedada e com climatização artificial. Tem-se: $ANC = 0$

Área da envoltória: é a soma das áreas das fachadas do edifício, excluindo subsolos e fachadas, ou parte delas obstruídas por encostas, como pode acontecer com terrenos em aclave e declive. $Aenv = 4.070 \text{ m}^2$.

Área de permanência transitória: é a área útil dos ambientes de permanência transitória não condicionados. Neste cálculo, não entram áreas destinadas a garagens e estacionamento. No caso do edifício em estudo, foram computadas partes das áreas do embasamento e da cobertura. Temos: $APT = 927 \text{ m}^2$.

Área de projeção da cobertura: é área de projeção horizontal da cobertura. Apresenta: $Apcob = 1.285 \text{ m}^2$.

Área de projeção da edificação: é a área de projeção média dos pavimentos, excluindo o subsolo. $Ape = 875 \text{ m}^2$.

Área útil: é a área disponível para ocupação, medida na parte interna das paredes que delimitam o ambiente, excluindo-se garagens. Tem-se: $AU = 5.106 \text{ m}^2$.

Área total construída: é a soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente. $Atot = 7.000 \text{ m}^2$.

Fator solar: é a razão entre o ganho de calor que entra num ambiente por meio de uma abertura (janela ou fachada de vidro) e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é reirradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. A fachada do edifício é composta por uma pele de vidro esverdeada com propriedades que maximizam a luz solar e bloqueiam o calor. Utilizando-se tabelas que indicam as propriedades óticas e térmicas de laminados de controle solar, tem-se: $FS = 0,40$.

Percentual de área de abertura na fachada total: é calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada, e a área total de fachada da edificação. Apresenta: $PAFt = 0,44$ ou 44%

Percentual de abertura zenital: é o percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação

ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Todas as aberturas existentes na edificação formam 90° com o plano horizontal; tem-se: PAZ = 0

Fator altura: é a razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (A_{pcob}/A_{tot}), com exceção dos subsolos. FA = 0,18

Volume total da edificação: é o volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos. $V_{tot} = 22.869 \text{ m}^3$

Fator de forma: é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (A_{env}/V_{tot}). Tem-se: FF = 0,18.

Ângulo vertical de sombreamento: é o ângulo formado entre a proteção superior ou inferior da fachada e a radiação solar, e pode ser visto em corte. Como a edificação em estudo não possui proteção de fachada, tem-se que: AVS = 0

Ângulo horizontal de sombreamento: é o ângulo formado entre as proteções laterais da fachada e a radiação solar e pode ser visto em planta. Como a edificação em estudo não possui proteção de fachada, tem-se: AHS = 0.

3.4 Procedimentos para determinação da eficiência da envoltória

A envoltória é avaliada de acordo com a Zona Bioclimática, pois seu desempenho varia conforme o clima onde o edifício está inserido. O edifício do presente estudo está inserido na Zona Bioclimática 2.

3.5 Cálculo da transmitância térmica da cobertura

Segundo o manual de Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações (RAC) (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013), a transmitância térmica de lajes planas de concreto com isolamento térmico é de $1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ e, para jardins com grama, é de $1,62 \text{ W/m}^2\text{K}$. Para a cobertura em questão, faz-se a ponderação entre as duas transmitâncias características, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo da transmitância média da cobertura

Material	Área (m ²)	Transmitância (W/m ² K)	Ponderação	Transmitância Final (W/m ² K)
Laje de concreto	804	1,14	0,83	1,22
Telhado Verde	165	1,62	0,17	

Fonte: Adaptado (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

3.6 Cálculo da transmitância térmica das paredes externas

No cálculo da transmitância térmica das paredes, foram utilizados os indicadores descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Composição das paredes externas

Tipo de revestimento	Transmitância térmica (W/m ² K)
TIPO 1 - Argamassa interna + Bloco de concreto (14 x 19 x 39) + Argamassa Externa + Poliestireno + Placa de Alumínio Composto	0,32
TIPO 2 - Argamassa interna + Bloco de concreto (14 x 19 x 39) + Argamassa Externa + Granito	2,63

Fonte: Adaptado (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2010).

Considerando-se as áreas de cada revestimento e suas respectivas transmitâncias, tem-se que a transmitância térmica final das paredes externas é de 2,16 W/m²K (Tabela 4).

Tabela 4 - Cálculo da transmitância média das paredes externas.

Tipo de Composição Externa	Área (m ²)	Transmitância (W/m ² K)	Ponderação	Transmitância Final (W/m ² K)
TIPO 1	208,40	0,32	0,20	2,16
TIPO 2	826,00	2,63	0,80	

Fonte: Adaptado (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

3.7 Cálculo da absorvância térmica das superfícies (paredes externas e cobertura)

Os valores estão expressos na tabela 5 (cobertura) e na tabela 6 (paredes externas):

Tabela 5 - Cálculo da absorvância da cobertura

Material	Área (m ²)	Absorvância	Ponderação	Absorvância Final
Concreto aparente	804,00	0,65	0,83	0,61
Pintura verde clara	165,00	0,4	0,17	

Fonte: Adaptado de (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a).

Tabela 6 - Cálculo da absorvância das paredes externas

Tipo de Composição Externa	Área (m ²)	Absorvância	Ponderação	Absorvância Final
TIPO 1 - Pintura (alumínio)	208,40	0,4	0,20	0,60
TIPO 2 - Concreto aparente	826,00	0,65	0,80	

Fonte: Adaptado de (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a).

3.8 Cálculo do indicador de consumo da envoltória

Considerando-se que a cidade pertence à zona Bioclimática 2, de acordo com a ABNT NBR 15.220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b), tem-se a equação (2), por meio da qual é determinado o índice de eficiência da envoltória:

a) $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$; e

b) Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,15.

$$IC_{env} = -14,14FA - 113,94FF + 50,82PAFt + 4,86FS - 0,32AVS + A, 26AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54PAFtAHS + 277,98 \quad (2)$$

Onde:

- a) IC_{env} - Indicador de consumo da envoltória;
 - b) FA - Fator Altura;
 - c) FF - Fator de Forma;
 - d) FS - Fator Solar;
 - e) PAFt- Percentual de Área de Abertura na Fachada Total;
 - f) AVS - Ângulo Vertical de Sombreamento; e
 - g) AHS -Ângulo Horizontal de Sombreamento.
- Assim, para a edificação em questão, tem-se que: $IC_{env} = 77,0132$.

3.9 Cálculo do indicador de consumo máximo da envoltória ($IC_{máxD}$)

Para o cálculo do $IC_{máxD}$, utiliza-se a equação (2), porém os dados de entrada são os da Tabela 7, conforme orientação do RTQ-C.

Tabela 7 - Valores de entrada para obtenção do $IC_{máxD}$

PAFt	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Substituindo os valores da Tabela 7 na equação (2), obtém-se: $IC_{máxD} = 86,165$.

3.10 Cálculo do indicador de consumo mínimo da envoltória ($IC_{mín}$)

Para o cálculo do $IC_{mín}$, utiliza-se a equação (2), porém os dados de entrada são os da Tabela 8, conforme orientação do RTQ-C.

Tabela 8 - Valores de entrada para obtenção do $IC_{mín}$

PAFt	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Substituindo dos valores da Tabela 12na equação (2), tem-se: $IC_{mín} = 59,4776$.

3.11 Cálculo do Intervalo de Cálculo

Para o cálculo do i , utiliza-se a equação (3):

$$i = \frac{(IC_{\text{máxD}} - IC_{\text{mín}})}{4} \quad (3)$$

Onde:

- a) i – intervalo;
- b) $IC_{\text{máxD}}$ – indicador máximo de eficiência; e
- c) $IC_{\text{mín}}$ – indicador mínimo de eficiência.

Substituindo os resultados obtidos na equação (3), tem-se: $i = 6,67185$.

4 OBTENÇÃO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA (EqNumEnv)

Para a obtenção do equivalente numérico da envoltória devem-se substituir os valores obtidos anteriormente na tabela 9, cujos resultados estão apresentados na tabela 10.

Tabela 9 - Cálculo dos limites dos intervalos dos níveis de eficiência

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
LimMín	-	$IC_{\text{máxD}} - 3i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - 2i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} + 0,01$
LimMáx	$IC_{\text{máxD}} - 3i$	$IC_{\text{máxD}} - 2i$	$IC_{\text{máxD}} - i$	$IC_{\text{máxD}}$	-

Fonte: (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Tabela 10 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência para a edificação estudada

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
LimMín	-	66,159	72,831	79,503	86,175
LimMáx	66,149	72,821	79,493	86,165	-

Fonte: (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Como o Indicador do Consumo da Envoltória (IC_{Env}) vale 77,0132, constata-se que a edificação estudada está na faixa C de eficiência. Logo, conforme a Tabela 10: $EqNumEnv = 3$.

4.1 Obtenção do equivalente numérico (EqNumV)

Esse termo é o número representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente e está atrelado à ANC (área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada). Dado que, na edificação em estudo, a maioria dos seus ambientes é vedada e com climatização artificial, não há áreas não condicionadas de permanência prolongada. Esse termo, portanto, não foi calculado.

4.2 Procedimentos para determinação da eficiência do sistema de iluminação

O sistema de iluminação pode ser avaliado por dois métodos: Método das Áreas e Método das Atividades (Centro Brasileiro de Informação Energética em Edificações, 2010). Para o cálculo da DPI (Densidade de Potência de Iluminação), foi utilizado o método da área do edifício, que avalia, de forma conjunta, todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área da do edifício (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2013).

A edificação em estudo possui 7.000 m² de área construída, das quais mais de 4.000 m² são área de escritório da companhia. A área destinada a esta função representa cerca de 60% das atribuições da edificação, satisfazendo o pré-requisito do método adotado.

Para determinar o nível de eficiência do edifício, é preciso analisar os limites máximos aceitáveis de densidades de iluminação da tabela 11 e fazer a correlação com a área do objeto de estudo. Este processo resulta na tabela 12.

Tabela 11 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível pretendido (método da área da edificação)

Função da edificação	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (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

Fonte: Adaptado (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Tabela 12 - Cálculo da potência limite para a edificação

FUNÇÃO DA EDIFICAÇÃO	DPI _L – NÍVEL A (W/m ²)	DPI _L – NÍVEL B (W/m ²)	DPI _L – NÍVEL C (W/m ²)	DPI _L – NÍVEL D (W/m ²)
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
ÁREA (m ²)	POTÊNCIA LIMITE – NÍVEL A (W)	POTÊNCIA LIMITE – NÍVEL B (W)	POTÊNCIA LIMITE – NÍVEL C (W)	POTÊNCIA LIMITE – NÍVEL D (W)
7.000	67.900	78.400	88.200	98.700

Fonte: Adaptado (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2013).

Pelos dados coletados na empresa, a potência de iluminação utilizada é de cerca de 85.000W.

Desse modo, o perfil do edifício fica na faixa C e, de acordo com a tabela 1, tem-se que: EqNumDPI = 3.

4.3 Procedimentos para determinação da eficiência do sistema de condicionamento de ar

Segundo o Manual de Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, o sistema de condicionamento de ar pode ser de dois tipos: sistemas etiquetados pelo PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem - e não etiquetados. No caso dos não etiquetados, o manual descreve os padrões que este deve cumprir; no caso dos etiquetados, sistemas com aparelhos que possuam etiqueta nível A, receberão etiqueta A para o sistema de condicionamento de ar, desde que cumpridos os pré-requisitos.

No cálculo da eficiência do sistema de condicionamento de ar, cada ambiente é avaliado separadamente. O edifício possui sistema de condicionamento de ar central, tendo todos os andares a mesma potência de refrigeração. O tipo de equipamento não está contemplado nas tabelas do Manual do RTQ-C, devendo, portanto, ser classificado como nível E, cujo equivalente numérico é: EqNumCA = 1

4.4 Verificação dos pré-requisitos

Envoltória – Nível C: A envoltória atendeu aos pré-requisitos específicos para o nível de eficiência C, que estão indicados na Tabela 13.

Tabela 13 - Adequação dos valores de transmitância e absorvância.

Indicadores	Trasmitância térmica (W/m ² K)		Absortância térmica	
	Cobertura	Paredes externas	Cobertura	Paredes externas
Alcançados	1,22	2,16	0,60	0,61
Limites	2,00	3,70	-	-

Fonte: Os autores.

Sistemas de Iluminação – Nível C: para o nível C de classificação do sistema de iluminação, o pré-requisito se resume à divisão de circuitos, que está presente na edificação.

Condicionamento de Ar – Nível E: os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A. No caso do edifício em estudo, não há pré-requisito, pois o nível alcançado foi E.

4.5 Bonificações

Com os dados coletados é possível observar economia de energia elétrica em virtude do telhado verde e do aproveitamento da iluminação natural, bem como economia de água, fruto

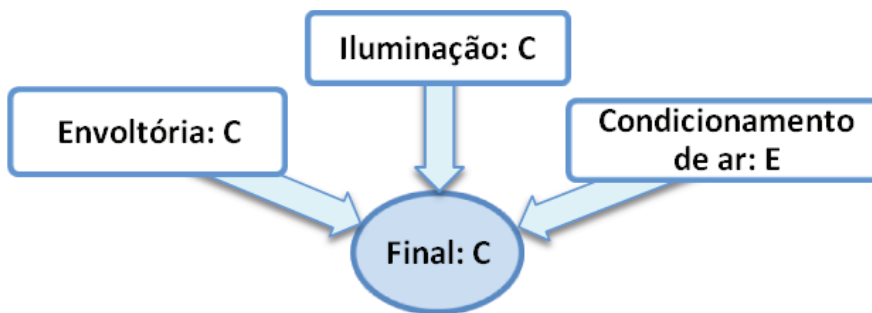
do seu reuso. Não é possível, porém, a comprovação dessa economia devido à ausência de mais estudos. Sendo assim, não foi considerada nenhuma bonificação na pontuação final.

4.6 Classificação final

A partir dos resultados parciais (níveis) dos três sistemas avaliados e utilizando-se a Equação 1, obtém-se a seguinte pontuação final: $PT = 2,85$.

De acordo com a tabela 1, a edificação em estudo receberia a etiqueta PBE Edifica com o nível C de eficiência para edificação construída, conforme esquematizado na figura 3.

Figura 3: Correlação entre os resultados parciais e o resultado final



Fonte: Os autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disseminação do conceito de sustentabilidade em diferentes segmentos se apresenta, na construção civil, na forma de certificações ambientais. Essas certificações, de modo geral, consideram o projeto da edificação e/ou sua construção.

No presente estudo, foi verificada a classificação do edifício da nova sede de uma empresa que pretendia desenvolver uma construção sustentável, mas que não efetivou nenhum processo de certificação ambiental. O método considerado foi o da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, que faz parte do PBE Edifica, sob a responsabilidade do Inmetro e da Eletrobras/Procel.

Por se tratar de uma edificação comercial, foram seguidos os critérios estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C. Analisados os três sistemas preconizados no Regulamento, obtiveram-se os seguintes resultados: para o sistema da envoltória, nível C; para o sistema da iluminação, nível C; e para o sistema de condicionamento de ar, nível E. Verificada a possibilidade de bonificações em função de outros elementos sustentáveis, a classificação final para a edificação foi nível C. Esse nível é um valor intermediário na escala dessa certificação, que não permite classificá-la como sustentável, como pretendia o proprietário.

Observou-se com esse estudo que não basta ter a intenção de desenvolver construções sustentáveis. Para que isso ocorra, faz-se necessário que, desde a fase de projeto, seja adotada uma das certificações ambientais disponíveis, garantindo-se, assim, que a edificação será efetivamente sustentável.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-2**: desempenho térmico de edificações: parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BOTTAMEDI, M. G. **Avaliação da eficiência energética de hotéis de quatro estrelas em Florianópolis**: aplicação do programa de etiquetagem de edificações. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 12 nov. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de eficiência energética**. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa MPOG/SLTI Nº 2, de 04 de Junho de 2014**. Brasília, DF, 2014.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Anexo geral v**: catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Rio de Janeiro, Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/anexos-rac#>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas**. Florianópolis, 2010.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Edificações**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D>>. Acesso em: 2 out. 2014

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Manual para aplicação do RTQ-C**. Florianópolis, 2013.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Our common future**. ONU: [s.n.], 1987. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91>>. Acesso em 15 jul. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações**. Rio de Janeiro, 2013.

MACIEL, M. Dia da sobrecarga da terra: já usamos todos os recursos naturais do ano. **Planeta Sustentável**, São Paulo, 19 ago. 2014. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/blog-da-redacao/dia-da-sobrecarga-da-terra-ja-usamos-todos-os-recursos-naturais-do-ano/>>. Acesso em: 20 out. 2014.

NICHIOKA, J. **Análise da sustentabilidade organizacional: o caso da construção civil**. 2008. 261 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Construção) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

PBE EDIFICA. **Programa PBE Edifica**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

ROMÉRO, M. de A.; REIS, L. B. dos. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Manole, 2012.

Recebido em: 2 nov. 2015.

Aprovado em: 25 dez. 2015.