

**Etiquetagem de eficiência energética de prédios públicos: estudo de caso da reitoria da UFSCar - São Carlos - SP**

*Energy efficiency labeling of public buildings: a case study of UFSCar's rectory building - São Carlos – SP*

*Etiquetado de eficiencia energética de edificios públicos: un estudio de caso del edificio de la rectoría de la UFSCar - São Carlos – SP*

**Eduardo Machry Pozzobon**

Graduando, UFSCar, Brasil.  
edupozzobon@hotmail.com

**Douglas Barreto**

Professor Doutor, UFSCar, Brasil.  
dbarreto@ufscar.br

**RESUMO**

O setor de edificações é o 3º maior consumidor de energia, utilizando mais de 30% de toda a energia consumida no Brasil. Para incentivar a aplicação de medidas de eficiência energética em edificações, foram criadas certificações, como a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que avaliam o impacto destas medidas em uma edificação. A obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia nível A é obrigatória para edifícios públicos federais novos. Este trabalho busca estudar um prédio público existente para buscar sua classificação, seguindo os métodos propostos pelos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e pela nova Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INI-C). Para isso, foi selecionado o edifício que abriga a Reitoria e Administração Central da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os dados foram levantados in loco, ou obtidos de projetos e estudos anteriores. Foram utilizados o método prescritivo do RTQ-C e o método simplificado da INI-C. Na análise pelo RTQ-C, a edificação alcançou classificação B de eficiência. Já na análise da INI-C, obteve-se nível A de eficiência. São apresentadas possíveis medidas para aumento da eficiência energética da edificação. Este trabalho conclui, baseado na revisão bibliográfica e aplicação realizadas, que a substituição do RTQ-C pela INI-C foi adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética. Etiquetagem de edificações públicas. PBE Edifica. RTQ-C. INI-C.

**SUMMARY**

*The building sector is the third largest consumer of energy, hitting over 30% of all the energy consumed in Brazil. To encourage the application of energy efficiency measures on buildings, certifications were created, such as the National Energy Conservation Label (ENCE, in its Portuguese acronym), that evaluate the impact of such measures in a building. The obtention of the level A National Energy Conservation Label is mandatory to new federal public edifices. This assignment targets the study of an existing public building to identify its classification, following the methods proposed by Technical Requisites of the Quality of the Energy Efficiency Level for Commercial, Service and Public Buildings (RTQ-C, in its Portuguese acronym) and by the new Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Commercial, Services and Public Buildings (INI-C). Therefore, the building that houses the Rectoria and Central Administration of the Federal University of São Carlos (UFSCar) was selected. The necessary data was collected in site, or obtained from projects and previous studies. RTQ-C's prescriptive method and INI-C's simplified method were used. On RTQ-C's analysis, the building achieved level B of energy efficiency. However, on the INI-C analysis, efficiency level A was obtained. Measures that will possibly improve the building energy efficiency are presented. This study concludes, based on bibliographic review and the realized applications, that the replacement of RTQ-C by INI-C was adequate.*

**KEYWORDS:** Energy efficiency. Public buildings labeling. PBE Edifica. RTQ-C. INI-C.

**RESUMEN**

*El sector de la construcción es el tercer mayor consumidor de energía, alcanzando más del 30% de toda la energía consumida en Brasil. Para incentivar la aplicación de medidas de eficiencia energética en los edificios, se crearon certificaciones, como la Etiqueta Nacional de Conservación de Energía (ENCE), que evalúan el impacto de dichas medidas en un edificio. La obtención del Nivel A de Etiqueta Nacional de Conservación de Energía es obligatoria para los nuevos edificios públicos federales. Este encargo tiene como objetivo el estudio de un edificio público existente para identificar su clasificación, siguiendo los métodos propuestos por los Requisitos Técnicos de Calidad del Nivel de Eficiencia Energética para Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos (RTQ-C, en sus siglas en portugués) y por el nueva Instrucción Normativa Inmetro para la Clasificación de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos (INI-C). Por eso, se seleccionó el edificio que alberga la Rectoría y Administración Central de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar). Los datos necesarios fueron recolectados in situ u obtenidos de proyectos y estudios previos. Se utilizó el método prescritivo del RTQ-C y el método simplificado del INI-C. Según el análisis de RTQ-C, el edificio alcanzó el nivel B de eficiencia energética. Sin embargo, en el análisis INI-C se obtuvo el nivel de eficiencia A. Se presentan medidas que posiblemente mejorarán la eficiencia energética del edificio. Este estudio concluye, basado en la revisión bibliográfica y las aplicaciones realizadas, que la sustitución de RTQ-C por INI-C fue adecuada.*

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia energética. Etiquetado de edificios públicos. PBE Edifica. RTQ-C. INI-C.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008), o mundo está aumentando o seu consumo energético rapidamente. Os efeitos deste aumento são grandes preocupações, envolvendo impactos ambientais (como as mudanças climáticas), sociais e econômicos (como escassez de produtos, alimentos e recursos energéticos).

Dessa forma, deve haver diminuição no consumo em toda a cadeia produtiva, com medidas que aumentem a eficiência energética (ROMÉRO; REIS, 2014). O setor de edificações é responsável por consumir cerca de 30% de toda a energia gasta no Brasil e no mundo (ROMÉRO; REIS, 2014), alcançando mais de 52% do total da eletricidade consumida no país, apenas considerando edificações comerciais, residenciais e do setor público (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020).

Em 2020, apenas o setor de serviços consumiu 4,9% da energia no Brasil e o setor residencial consumiu outros 11,4% (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021). Dessa forma, as edificações deveriam ser o terceiro setor consumidor, e devem ter grande contribuição para a redução de gastos energéticos (PÉREZ-LOMBARD; ORTIZ; POUT, 2008).

Uma ferramenta que visa favorecer a aplicação de medidas eficientes na construção, é a emissão de certificações, que representam a influência da edificação no consumo de energia (ABREU, 2015). Assim, os projetos podem apresentar o seu impacto no setor energético, além de ser possível comparar diferentes soluções construtivas e entre edificações (PROCEL, 2022).

No Brasil, uma das principais certificações para as edificações é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), criada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A ENCE classifica em cinco níveis (de "A" a "E", sendo A o nível mais eficiente) os edifícios no Brasil, sendo obrigatória a obtenção de classificação "A" em obras de retrofit e projetos novos de edificações federais, segundo a Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 2, de 5 de junho de 2014 (BRASIL, 2022).

A primeira forma de avaliação do PBE Edifica para os edifícios comerciais e públicos se baseava nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), lançada em 2014 (PBE EDIFICA, c2020). Em 2021, foi aprovada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) (PBE EDIFICA, 2022). Esta substituiu o RTQ-C, e avalia a economia de energia primária dos sistemas e da edificação, comparando com a situação de referência para a mesma edificação, de etiqueta "D". Tal avaliação pode ser realizada por um método simplificado ou pelo método de simulação, ou por combinação dos dois (BRASIL, 2022).

Portanto, as certificações, ao avaliar o impacto no consumo de energia, são de grande importância para incentivar a construção de edificações eficientes, apresentando benefícios adicionais de valorização do produto e de economia nos custos de operação, além de tratar de um importante indicador para os consumidores (PROCEL, 2022). Por fim, a obrigatoriedade de emissão de etiquetas para edificações federais imposta pela Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 2, de 5 de junho de 2014 (BRASIL, 2022), implica a necessidade de adequação de projetos e a necessidade de levantamentos para a obtenção da ENCE

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral identificar as condições atuais para obter a classificação do edifício da Reitoria e Administração Central da Universidade Federal de São Carlos quanto ao consumo energético, seguindo o método simplificado de classificação, proposto pela INI-C e determinado pelo PBE Edifica, de modo a verificar qual a classificação do nível de eficiência energética, e propor ações que possam resultar num incremento da classificação obtida na ENCE.

Para tal, os objetivos específicos deste trabalho consistem em realizar levantamentos de dados relativos ao local de implantação, dos equipamentos e dos sistemas construtivos da edificação estudada, bem como suas propriedades pertinentes, com base em estudos anteriores e atualizando as informações a partir destes levantamentos. Estes levantamentos cotejados servem de base para a obtenção da ENCE, considerando o método proposto na INI-C, identificando o atendimento e indicar soluções que possam ser adotadas para uma possível melhora na etiqueta energética da edificação. Também é um objetivo específico a obtenção de classificação pelo método prescritivo apresentado no RTQ-C.

## 3 METODOLOGIA

As atividades que compõem a realização deste trabalho são expostas a seguir, em ordem cronológica da realização. Primeiramente, há a realização de revisão bibliográfica sobre o tema da eficiência energética, também compreendendo a revisão dos métodos de classificação e a definição do método que será utilizado para o processo de etiquetagem no estudo realizado. Neste caso, escolheu-se a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A segunda etapa compreendeu a escolha da edificação. Dentre as edificações da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), foi escolhido o prédio da Reitoria e Administração Central, devido à disponibilidade de dados provenientes de estudos anteriores, como o de Ayusso (2017) e Mondani et al. (2012), e ter disponibilidade para levantamentos de dados, além de possuir boa diversidade de usos.

Foram então determinadas as variáveis utilizadas nas análises, do método prescritivo do RTQ-C e do método simplificado da INI-C. Assim foi possível realizar o levantamento de dados necessários, com levantamento in loco. Também são utilizados resultados e dados obtidos por outros estudos sobre o mesmo edifício. A obtenção de documentos da edificação também compreende esta etapa. O documento que descreve o Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) dispõe sobre como devem ser realizados os levantamentos de dados, de forma que este trabalho procurou seguir suas diretrizes.

Com os dados obtidos, são realizadas as análises. Em um primeiro momento, foi feita a análise pelo método prescritivo do RTQ-C, dividida em cinco partes: pré-requisitos gerais; envoltória; sistema de iluminação; sistema de condicionamento de ar; e bonificações e etiqueta geral. Nas etapas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar são obtidos equivalentes numéricos, que são ponderados na etapa de etiqueta geral.

Para a análise pelo método simplificado da INI-C ser possibilitada, é necessário verificar o atendimento dos requisitos da edificação para edificações condicionadas artificialmente e para edificações com ventilação natural ou híbridas. No caso de não cumprimento dos requisitos para edificações, a análise não é possibilitada.

Cumpridos os requisitos, aplicado o método simplificado da INI-C, para a realização do cálculo dos consumos de energia para a edificação de referência e para a edificação real. Tal cálculo é realizado em interface Web desenvolvida pelo PBE Edifica (PBE EDIFICA, 2023b). Os resultados obtidos são as cargas térmicas dos edifícios de referência e real, com a classificação dependendo de fator de redução determinado a partir do fator de forma e do uso da edificação.

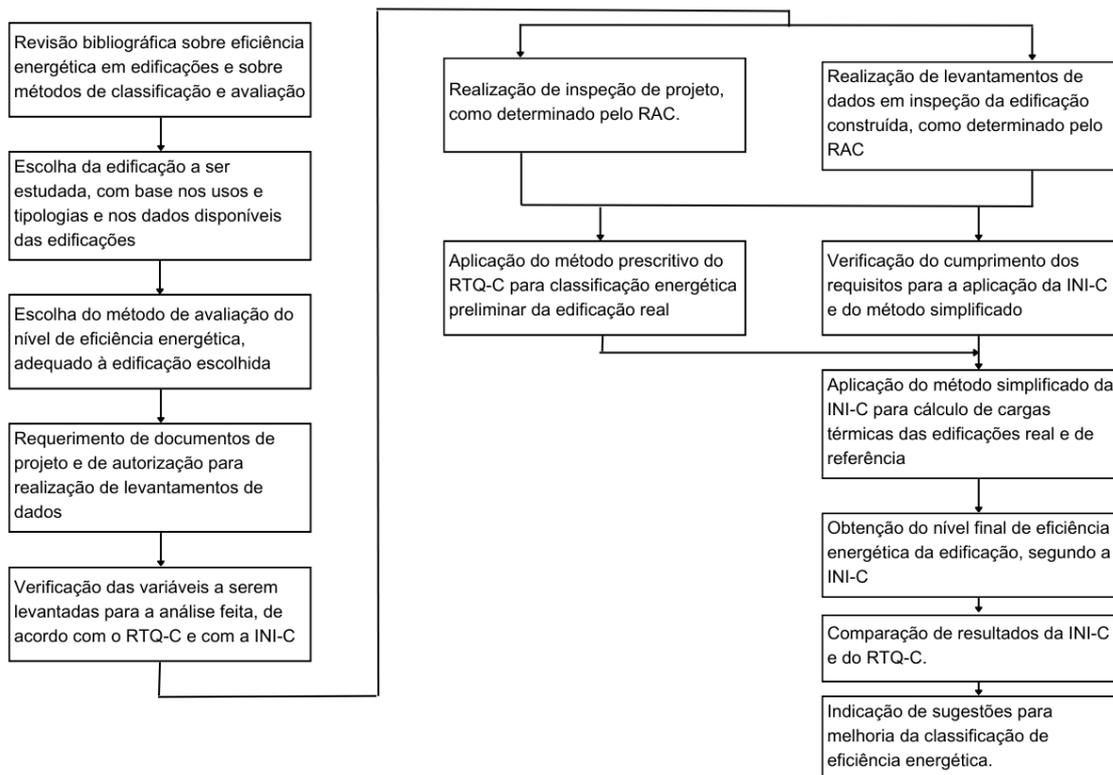
O primeiro sistema a ser analisado é o de iluminação, dado que seus resultados são utilizados para a análise da envoltória. Para tal, é utilizado o método do edifício completo, para edifícios com atividades predominantes.

O segundo sistema analisado é a envoltória. Se a edificação híbrida ou ventilada naturalmente for aplicável no método simplificado, deve-se verificar a influência da ventilação natural por meio da ferramenta Natural Comfort (PBE EDIFICA, 2023a). Também deve-se dividir a edificação em zonas térmicas, de acordo com os pavimentos, a orientação solar e a posição no pavimento (perimetral ou interna).

O terceiro sistema analisado é o de ar-condicionado, também separado pelas mesmas zonas térmicas utilizadas na envoltória. Assim que preenchidos os 3 sistemas aqui analisados, são calculados os consumos totais real, de referência e o percentual de redução geral, informando a classificação obtida.

Por fim, há análise de resultados, com breve comparação dos métodos e elaboração de propostas para a melhoria do nível de eficiência energética da edificação, tanto pelo RTQ-C, quanto pela INI-C. Além disso, há também a elaboração de uma breve discussão sobre os métodos e suas dificuldades e das conclusões do trabalho. O fluxograma que resume a metodologia deste trabalho é mostrado na Figura 1.

Figura 1. Metodologia utilizada.



Fonte: autoria própria.

#### 4 OBJETO DE ESTUDO

Para a escolha de uma edificação pública para a aplicação dos métodos de avaliação de eficiência energética apresentados entre os edifícios do campus São Carlos da Universidade Federal de São Carlos, foi selecionado o prédio da Reitoria por conta de ser objeto de estudos anteriores que realizaram zoneamentos, levantamentos e estudos de auditoria energética.

Em consulta prévia das características do prédio, realizadas no mês de maio de 2023, antes do início do levantamento in loco, foi verificado que este prédio possui uso diário durante grande parte do ano e condicionamento artificial em todas as áreas de permanência prolongada (APPs), como verificado por Ayusso (2017). Estas características são diferenciais em relação a outros prédios do campus. Portanto, foi possível verificar a possibilidade de realizar um estudo adequado para a verificação do nível de eficiência energética pelos métodos do RTQ-C e da INI-C. A planta do edifício foi fornecida pela Secretaria de Gestão do Espaço Físico (SeGEF) da UFSCar, e está apresentada Figura 2.

Figura 2. Planta baixa do edifício.



Fonte: arquivo da SeGEF.

Em campo, este trabalho se baseia em confirmar as informações presentes na documentação e atualizá-las ou complementá-las quando necessário. O período de levantamento compreendeu os meses de maio de 2023 até julho de 2023. Além disso, também são obtidas as informações de atividade e de ocupação, com diferenciação entre ocupação prolongada ou transitória (como áreas de circulação, banheiros, garagens, depósitos e áreas técnicas). Foram levantados também o tipo de ventilação para cada ambiente: condicionados artificialmente, com especificações dos equipamentos, ou ventilados naturalmente.

A cidade de São Carlos está localizada na Zona Bioclimática 4 (ZB4) (ABNT NBR 15220-3, 2005). O edifício apresenta área total construída de 2.301,490 m<sup>2</sup> e área interna útil de 1.986,984 m<sup>2</sup>, de acordo com medições sobre a documentação fornecida. A principal atividade é de escritório, ocupando 54,43% da área interna útil, totalizando 1.081,596 m<sup>2</sup>. A ventilação é híbrida, já que as áreas de permanência prolongada possuem controles individuais sobre o condicionamento, e há áreas de permanência transitória (APT) sem condicionamento.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Método Prescritivo do RTQ-C

Para a primeira análise, foi utilizada a plataforma do WebPrescritivo desenvolvida pelo LabEEE (2023). Primeiramente, quanto aos pré-requisitos gerais, verificou-se que há divisão dos circuitos com a possibilidade de medição por uso final, como apresentado no estudo de Ayusso

(2017). Por ser uma edificação de escritórios, não se aplica o pré-requisito de aquecimento de água.

Para a classificação da envoltória, são dados de entrada propriedades térmicas dos materiais, como características geométricas da edificação e suas aberturas. As paredes que limitam os jardins externos não foram consideradas para determinar área de envoltória. Realizando o cálculo, o sistema atinge classificação C, pois ultrapassa o valor máximo de transmitância térmica da cobertura para ambientes condicionados.

Em relação ao sistema de iluminação, todas os ambientes possuem controle separado para a iluminação. Além disso, todas as lâmpadas são de LED, dessa forma a potência instalada diminui consideravelmente, para uma mesma luminosidade. Os pré-requisitos individuais para o nível A foram atingidos, então o sistema de iluminação da edificação recebe classificação A.

O atendimento dos pré-requisitos específicos é importante para garantir a eficiência deste sistema. Além disso, o uso de lâmpadas mais eficientes também é primordial para um bom desempenho energético, pois a redução da potência instalada é a principal forma de obter um bom resultado nesta categoria. Por fim, deve-se considerar a importância de manter o nível de luminosidade necessário para a realização das atividades previstas, como é o caso dos edifícios de escritórios

Continuando com o sistema de ar-condicionado, a área total condicionada é de 1.285,249 m<sup>2</sup>. São encontrados 45 ambientes condicionados, equipados com 61 equipamentos. Apenas um equipamento, mais antigo, não é etiquetado. Os demais podem ser encontrados nas bases de dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE, 2012; PBE, 2020), a partir dos dispositivos encontrados em campo. Dos aparelhos etiquetados, verifica-se que 31 são de nível A, mais eficientes; 6 têm classificação B; 6 têm classificação C; e 17 são de nível D. Em geral, os equipamentos mais antigos apresentam os menores níveis de eficiência.

Apenas um pré-requisito é previsto nesta análise, de isolamento de tubulações, que não é suficiente para nenhum dos equipamentos. Para a análise, são informados os equipamentos etiquetados pelo Procel, com a capacidade, em BTU/h, e a eficiência, em W/W, e os não etiquetados. A classificação para o sistema é nível B de eficiência. É notável que 49% dos equipamentos não possuem classificação nível A, um fator de grande importância na eficiência energética.

Para a conclusão da etiqueta, é realizada uma ponderação dos resultados dos sistemas para obter a pontuação final, onde envoltória e iluminação são responsáveis por 30% da pontuação cada um, e o sistema de ar-condicionado, por 40%. Não foram aplicadas bonificações, e o fator que representa o conforto térmico em ambientes não condicionados, o EqNumV, foi considerado como 1, a pior situação possível por falta de informações. O resultado obtido foi pontuação total de 3,76, equivalente ao nível B de eficiência do edifício pelo método prescritivo do RTQ-C, com um resumo das informações apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Resumo de informações para a etiqueta geral.

Parcelas para etiqueta geral pelo método prescritivo do RTQ-C	Valor
Eficiência parcial da envoltória	C
Eficiência parcial da iluminação	A
Eficiência parcial do condicionamento de ar	B
Bonificações (b)	0
Área útil total	1.986,984 m <sup>2</sup>
Área condicionada	1.285,249 m <sup>2</sup>
Área de permanência transitória	313,13 m <sup>2</sup>
Área não condicionada	388,60 m <sup>2</sup>
Nível de etiqueta geral	B
Pontuação final	3,76

Fonte: autoria própria.

## 5.2 Método Simplificado da INI-C

Os sistemas analisados aqui são os de iluminação, envoltória e ar-condicionado, sendo necessário seguir esta ordem no método simplificado, pois resultados de iluminação são usados na envoltória e a carga térmica obtida na envoltória é usada no sistema de ar-condicionado. Os cálculos e entrada de dados são realizados por meio da Interface INI-C criada pelo PBE Edifica (PBE EDIFICA, 2023b).

Iniciando com o sistema de iluminação, foi utilizado o método do edifício completo, permitindo dividir o prédio em até 3 atividades principais, onde cada uma deve ocupar mais de 30% da área útil total da edificação. Foi considerada a atividade de escritórios, ocupando 54,43% da área útil (de 1.986,984 m<sup>2</sup>), que totaliza 1.081,596 m<sup>2</sup>. A potência instalada total é de 10.680 W, e não necessitou de correção por ausência de projeto luminotécnico ou por uso de desligamento automatizado. Foram consideradas 10 horas por dia de uso, e 260 dias de uso por ano, sendo estes valores fixados pela INI-C para a tipologia de escritórios. Comparando com a situação de referência, há uma redução de 62% no consumo do sistema, e a classificação parcial associada é nível A.

Prosseguindo para a envoltória, como foi utilizado o método simplificado, o primeiro passo é verificar se são atendidos os requisitos para a sua utilização em edificações. A Tabela 1 mostra os parâmetros verificados para edificações com ventilação híbrida, onde é possível notar que alguns fatores não são atendidos. Além disso, a geometria complexa da edificação também não se enquadra nos limites. Dessa forma, a contribuição da ventilação natural não pode ser considerada, e a análise da envoltória compreende as áreas de permanência permanente condicionadas.

Foi feita a divisão em zonas térmicas (ZT), de acordo com o tipo de ventilação, o equipamento de condicionamento de ar, a sua posição dentro da edificação (perimetral ou interna), a orientação solar (nas ZTs perimetrais) e o pavimento que se encontra. São excluídas as áreas de permanência transitória. A divisão feita é apresentada na Figura 3.

Tabela 1. Valores limites e encontrados de parâmetros construtivos para análise de edificação ventilada naturalmente ou híbrida pelo método simplificado.

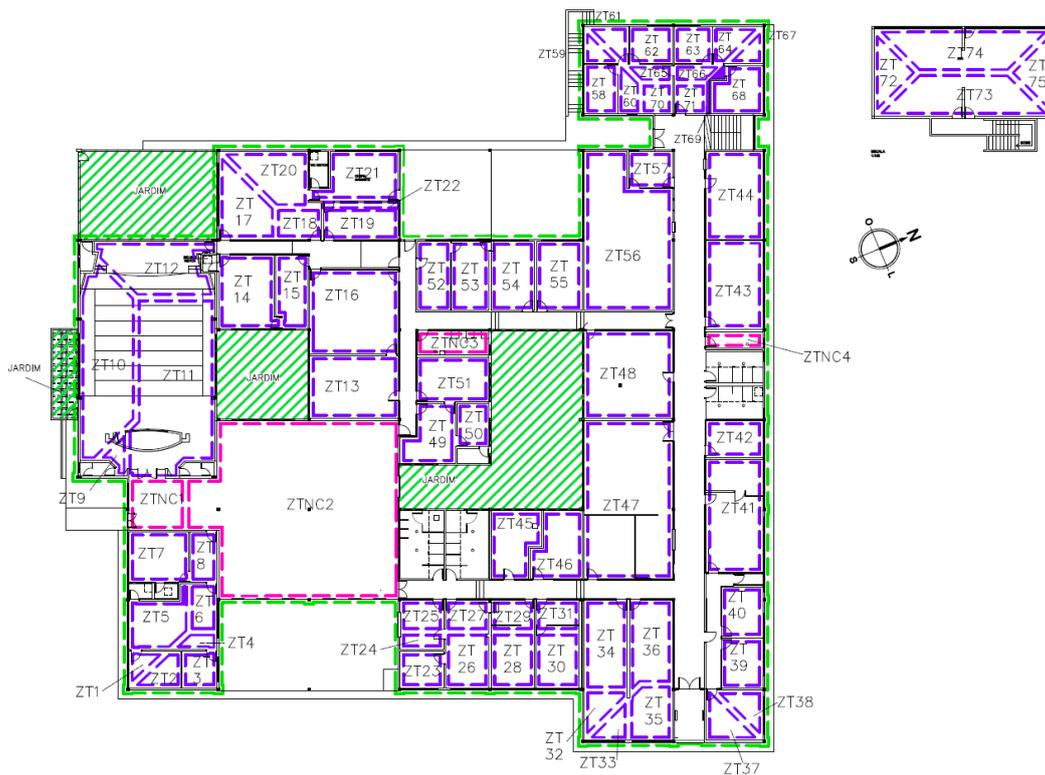
Parâmetros	Limites		Valores encontrados
	Valor mínimo	Valor máximo	
Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )	0,20	0,80	0,46
Absortância solar da parede ( $\alpha_{par}$ )	0,20	0,80	0,35
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	45°	10°
Média de área das APPs	9 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	31,89 m <sup>2</sup>
Capacidade térmica da cobertura (CT <sub>cob</sub> )	10 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	400 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	180 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT <sub>par</sub> )	40 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	500 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	151 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Comprimento total (maior dimensão entre os lados da edificação)	13 m	200 m	57,52 m
Fator de área da escada	0	0,2800	0,0042
Fator solar do vidro (FS)	0,20	0,80	0,87
Razão entre a largura e a altura das aberturas para ventilação	0,1	50	2,05
Número de pavimentos	1	5	2
Pé-direito (PD)	2,75 m	4,25 m	2,998 m
Percentual de área de abertura da fachada total (PAF,T)	5%	70%	21,64%
Profundidade total (menor dimensão entre os lados da edificação)	8 m	50 m	54,64 m
Transmitância térmica da parede externa (U <sub>par</sub> )	0,1 W/(m <sup>2</sup> .K)	5 W/(m <sup>2</sup> .K)	2,39 W/(m <sup>2</sup> .K)
Transmitância térmica da cobertura (U <sub>cob</sub> )	0,1 W/(m <sup>2</sup> .K)	5 W/(m <sup>2</sup> .K)	1,79 W/(m <sup>2</sup> .K)
Transmitância térmica do vidro (U <sub>vid</sub> )	1 W/(m <sup>2</sup> .K)	6 W/(m <sup>2</sup> .K)	5,70 W/(m <sup>2</sup> .K)
Tipologias permitidas	Escolas e escritórios		Escritórios

Fonte: autoria própria.

Com a separação em zonas térmicas, são determinados os parâmetros dos materiais e características dimensionais para cada uma delas. Para a densidade de potência de iluminação e de equipamentos, são usados os valores fixados na INI-C para a tipologia de escritórios. Também foi informado o sistema de condicionamento de ar em cada ZT, com a capacidade em BTU/h e algum coeficiente de performance, neste caso, foi usada a eficiência em W/W. Ambientes divididos em duas ou mais ZTs tiveram seus equipamentos com a capacidade ponderada. A envoltória recebeu classificação nível A, obtendo 40% de redução do consumo de resfriamento em relação à condição de referência.

O sistema de ar-condicionado é avaliado a partir dos resultados obtidos com a envoltória, e com as mesmas zonas térmicas. Novamente, não há isolamento suficiente das tubulações, e então o sistema não é elegível para nível A de eficiência. A classificação obtida para o sistema é de nível B, devido à redução de 62% no consumo em relação à edificação de referência.

Figura 3. Divisão de zonas térmicas na edificação, com contorno em roxo para zonas condicionadas consideradas.



Fonte: adaptado de SeGEF.

Por fim, a etiqueta geral é obtida, considerando a redução do consumo total em relação à condição de referência. A classificação obtida é nível A, dada a redução de 35,27% no consumo de energia primária. A Figura 4 resume as informações da classificação obtida.

Figura 1. Classificação geral segundo a INI-C



Fonte: autoria própria.

### **5.3 Comparação entre métodos utilizados**

Para a envoltória, é notado o maior contraste entre os resultados obtidos. O nível C obtido no método prescritivo se deve a limitação imposta por pré-requisitos específicos, já que os materiais de cobertura apresentam baixa inércia térmica. Além disso, a não consideração das zonas não condicionadas no método simplificado pode ser um fator que influenciou a classificação da INI-C.

Para o sistema de iluminação, os resultados foram bastante semelhantes, devido a forma que são realizados os cálculos também serem similares. O sistema de ar-condicionado também recebeu a mesma classificação nas duas análises. Porém, a classificação na INI-C é limitada pela falta de isolamento das tubulações, mesmo com elevada redução de consumo. Na análise da INI-C, o resultado do sistema de ar-condicionado depende muito das cargas térmicas obtidas na análise da envoltória.

Na classificação geral, foram obtidas diferenças consideráveis, dadas as classificações B e A nas análises do método prescritivo e simplificado, respectivamente. A melhora na classificação na INI-C é muito influenciada por ser obtida a partir da redução do consumo dos outros sistemas, que já haviam demonstrado melhora. Assim, os sistemas individuais possuem maior importância na determinação do resultado final.

### **5.4 Sugestões para a melhoria da eficiência energética na edificação**

Após a realização das análises, são explicitados quais os sistemas mais responsáveis pelo consumo energético e onde estão os maiores pontos negativos da edificação. Para a iluminação, mesmo com ótimos resultados, pode ser utilizado desligamento automático em alguns ambientes, que reduzirá ainda mais o consumo energético.

Por sua vez, a envoltória demanda medidas mais complexas e difíceis de serem executadas, de forma que devem ser analisadas como impactariam na edificação. Podem ser sugeridas a instalação de brises em janelas com maior incidência solar. Também pode ser sugerido o aumento da inércia térmica da cobertura, com a troca por telhas compostas com poliestireno expandido, por exemplo.

Finalmente, para o sistema de ar-condicionado, é muito importante realizar a troca de equipamentos antigos por mais eficientes, dado que 49% dos equipamentos hoje instalados possuem eficiência energética abaixo do nível A. A troca possivelmente teria um grande impacto no consumo energético. A instalação de isolamento nas tubulações também pode aumentar o nível de eficiência.

## **6 CONCLUSÕES**

A avaliação das medidas de eficiência energética nas edificações se mostra muito necessária, dada a grande necessidade de adotar medidas sustentáveis nos projetos e o elevado consumo energético que os edifícios apresentam.

A utilização da ENCE neste trabalho mostra que ela pode ser uma ferramenta satisfatória para a análise da eficiência energética, considerando principalmente o seu desenvolvimento e aplicação no cenário nacional. A obrigatoriedade do nível A de eficiência

para edifícios federais novos é um bom ponto de partida para a aplicação destas medidas. A substituição da INI-C pelo RTQ-C também beneficia o processo dos projetos, com resultados mais significativos e uma análise mais completa.

A aplicação de ambos os métodos foi proveitosa e realizada de maneira a atender os objetivos deste trabalho. Foram encontradas limitações, como a ausência da análise da ventilação natural, que demandaria uma verificação mais aprofundada. A irregularidade da geometria da edificação dificultou a divisão das zonas térmicas e a determinação dos dados necessários.

Os resultados obtidos foram bastante compatíveis. As diferenças maiores foram notadas no sistema de envoltória, muito influenciada pelos pré-requisitos no RTQ-C e por condições da análise da INI-C. Nota-se que a edificação não possui boa inércia térmica, e também deve ter maior atenção à incidência solar.

Os sistemas de iluminação e ar-condicionado apresentaram bons resultados, com bastante semelhança nos dois métodos. As lâmpadas de LED são bastante importantes para a redução do consumo. É um ponto negativo da edificação a presença de equipamentos de ar-condicionado pouco eficientes.

Por fim, a etiqueta geral apresentou resultados diferentes entre os dois métodos. O método prescritivo resultou em classificação B, enquanto o método simplificado resultou em nível A, muito por conta da redução do consumo dos sistemas parciais, passando de 35% em relação à condição de referência. Dessa forma, a edificação possui boa eficiência energética, porém possui pontos onde deve ter maior atenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Chrystiane Gerth Silveira. Eficiência Energética Em Edificações: O Caso Dos Prédios Públicos Existentes. **ENEGEP-Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, Ceará, v. 13, 2015. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_214\\_267\\_26720.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_214_267_26720.pdf). Acesso em 15/01/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Desempenho térmico de edificações. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. **ABNT NBR 15220-3**. Rio de Janeiro. 2005.

AYUSSO, Carolina Carvalho. Análise do desempenho energético de edifício da UFSCar. 2017. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

BRASIL. Portaria Inmetro nº 42, de 24 de fevereiro de 2021. Aprova a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que aperfeiçoa os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), especificando os critérios e os métodos para a classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto à sua eficiência energética. Brasília, 2021. n. 4.

BRASIL. Portaria Inmetro nº 309, de 6 de setembro de 2022. Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais – Consolidado. Brasília, 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: no caminho da transição energética**. Rio de Janeiro. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Atlas da Eficiência Energética: Brasil 2021**. Rio de Janeiro. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2021>. Acesso em 18 jan. 2023

MONDANI, L. U. et al. **Projeto de Micro Usina Fotovoltaica – Reitoria**. 2012. 28p. Trabalho Acadêmico (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PBE. Eficiência energética - condicionadores de ar split hi-wall com rotação fixa [S.L.], 2012.

PBE EDIFICA. **Sobre o PBE Edifica**. c2020. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PBE EDIFICA. **Nova Instrução Normativa Inmetro**. 2022. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/nova-ini>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PBE EDIFICA. **Ferramenta Natural Comfort**. 2023. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/naturalcomfort/>. Acesso em 15 jul. 2023.

PBE EDIFICA. **Interface INI-C**. 2023. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/interface-ini-c/>. Acesso em 25 jul. 2023.

PÉREZ-LOMBARD, Luis; ORTIZ, José; POUT, Christine. A review on buildings energy consumption information. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 394-398, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>.

PROCEL. **Resultados PROCEL 2022: Ano base 2021**. Brasília, 2022. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>. Acesso em 18 jan. 2023.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico dos. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Editora Manole, 2014.