

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO MACHRY POZZOBON

**ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE PRÉDIOS
PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO DA REITORIA DA UFSCar -
SÃO CARLOS - SP**

SÃO CARLOS - SP
2024

EDUARDO MACHRY POZZOBON

**ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE PRÉDIOS PÚBLICOS: ESTUDO DE
CASO DA REITORIA DA UFSCar - SÃO CARLOS - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Barreto

SÃO CARLOS

2024

DEDICATÓRIA

A Deus, por sua incessante bondade.

Aos meus avós, cuja saudade é constante.

Aos meus pais, por todo o esforço e incentivo pela educação de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo o amor depositado, por sempre dar forças nos momentos de maiores dificuldades e prover toda a saúde, paz e felicidade que necessitamos e por nos dar a graça do conhecimento.

Agradeço a toda minha família por todo o incentivo e apoio prestado, e por serem sempre pessoas nas quais sei que posso me espelhar. Em especial, agradeço aos meus pais, José Claudio e Leda, por sempre proverem à nossa família, e também por todos os ensinamentos de vida necessários. Agradeço a todo o incentivo, forças e por sempre reforçarem o valor da educação. Ao meu irmão, Pedro, agradeço por todo o amor fraternal e por todas as palavras boas ditas em momentos de dúvida ou dificuldade, e por todo o apoio na vida acadêmica. Agradeço por sempre ser uma grande inspiração para mim, em termos de caráter e profissionalmente.

Agradeço aos meus amigos, por sempre serem de grande ajuda e prestatividade, por todos os momentos bons proporcionados, pela paciência disposta e também por compartilhar vivências semelhantes. Aos colegas de curso, agradeço pelo respeito e por compartilharem desta jornada.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Douglas Barreto, agradeço por todo o apoio e confiança depositados durante a realização deste trabalho. Também agradeço por todo esforço dedicado a repassar seus conhecimentos e auxiliar a transpassar as dificuldades encontradas.

Agradeço a Secretaria de Gestão do Espaço Físico da UFSCar, na figura da Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves, por ceder documentos importantes para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os funcionários do edifício da Reitoria, em especial à secretária Renata Biasoli, pela recepção, por permitir o acesso ao local e auxiliar quando necessário para a realização deste estudo.

ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE PRÉDIOS PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO DA REITORIA DA UFSCar - SÃO CARLOS – SP

RESUMO

O aumento no consumo energético causa efeitos de grandes preocupações, portanto, medidas sustentáveis são buscadas em todos os setores. O setor de edificações é o 3º maior consumidor de energia, utilizando mais de 50% da eletricidade e 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 uso e o impacto destas medidas em uma edificação. A ENCE classifica um edifício em categorias, de A, até E, com métodos de classificação diferentes para edificações residenciais e para edificações comerciais, de serviço e públicas. 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 Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Para isso, foi selecionado o edifício que abriga a Reitoria e Administração Central da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Este trabalho fez uso de documentos de projetos, e também de dados específicos levantados in loco ou aproveitados de estudos anteriores realizados no edifício em questão. Para a edificação, foi utilizado o método prescritivo do RTQ-C e o método simplificado da INI-C, resultando em uma classificação definitiva. Na análise pelo RTQ-C, a edificação alcançou classificação B de eficiência. Já na análise da INI-C, verificou-se que não é possível aplicar o método simplificado para edificações híbridas com as características geométricas do prédio analisado, portanto não houve consideração da ventilação natural, apenas dos ambientes condicionados artificialmente. Para a classificação geral, obteve-se nível A de eficiência, representando uma melhora na classificação em relação ao RTQ-C, com evolução na envoltória. Então a edificação está de acordo com o exigido pela legislação vigente. Concluindo, são também 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: sustentabilidade; eficiência energética; etiquetagem de edificações públicas; Procel Edifica; RTQ-C; INI-C.

ENERGY EFFICIENCY LABELING OF PUBLIC BUILDINGS: A CASE STUDY OF UFSCar's RECTORY BUILDING - SÃO CARLOS – SP

ABSTRACT

The increase in energetic consume are the cause of great concern effects, therefore, sustainable measures are sought in all sector. The building sector is the third largest consumer of energy, hitting over 50% of the electricity and 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 usage and impact of such measures in a building. The ENCE classifies an edifice in categories, from A, to E, with different classification methods to residential buildings and to commercial, service and public buildings. 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 Rectory and Central Administration of the Federal University of São Carlos (UFSCar) was selected. This assignment made use of project documents and specific data collect on site or used from previous studies carried out in the edifice. Bibliographic database was used to provide data of equipment and the necessary correlation. The RTQ-C's prescriptive method was used on the building, seeking to obtain a provisional classification of its energy efficiency, and INI-C's simplified method, resulting in a definitive classification. On RTQ-C's analysis, the building achieved level B of energy efficiency. However, on the INI-C analysis, it was verified that it's not possible to apply the simplified method for hybrid edifices with the geometric characteristics of the analyzed building. Therefore, there was no consideration of natural ventilation, only artificially conditioned rooms. On the general classification, efficiency level A was obtained, resulting in an improvement on the classification comparing to RTQ-C's method, with an evolution on the envelope. This result implies that the building complies with what is required by current legislation. Concluding, 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: Sustainability; Energy efficiency; Public Buildings Labeling; Procel Edifica; RTQ-C INI-C.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Economia de energia devido às medidas do Procel, em bilhões de kWh.....	15
Figura 2. Percentual de redução de consumo de energia (em verde) estimado pelos prédios públicos analisados (em preto).	16
Figura 3. Consumo de energia por uso final em prédios públicos.	17
Figura 4. ENCEs emitidas de 2009 até 2020 (inclui as de projeto e edificações construídas)	18
Figura 5. Panorama de publicações realizadas pelo PBE Edifica.	19
Figura 6. Exemplo de etiqueta de eficiência energética de projeto.....	21
Figura 7. Etiqueta de uma edificação federal em Fortaleza/CE.....	26
Figura 8. Metodologia utilizada.	32
Figura 9. Fachada leste do edifício.	33
Figura 10. Fachada oeste do edifício.	33
Figura 11. Fachada sul do edifício.	34
Figura 12. Fachada norte do edifício.....	34
Figura 13. Planta baixa do edifício.	35
Figura 14. Pré-requisitos gerais considerados.	38
Figura 15. Tipologia de parede externas da edificação.	39
Figura 16. Tipologia de cobertura da edificação.....	39
Figura 17. Vidro de 6 mm encontrado nas esquadrias.	39
Figura 18. Valor de absorvância para as paredes, com destaque para a tinta utilizada	40
Figura 19. Entrada de dados e etiqueta parcial da envoltória no WebPrescritivo.	42
Figura 20. Entrada de dados e etiqueta parcial do sistema de iluminação no WebPrescritivo.	43
Figura 21. Entrada de dados e etiqueta parcial do sistema de ar condicionado no WebPrescritivo.....	46
Figura 22. Entrada de dados da bonificação e da etiqueta geral no WebPrescritivo.	48
Figura 23. Classificação do sistema de iluminação pela INI-C.....	51
Figura 24. Divisão de zonas térmicas na edificação, com contorno em roxo.	53
Figura 25. Classificação da envoltória pela INI-C.....	54
Figura 26. Classificação do sistema de ar-condicionado pela INI-C.....	56
Figura 27. Classificação geral segundo a INI-C	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo das edificações públicas etiquetadas até 2022.	27
Quadro 2. Edificações públicas etiquetadas até 2022.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites dos parâmetros construtivos em análise com método simplificado, em edificações ou ambientes condicionados artificialmente	23
Tabela 2. Parâmetros e limites para avaliação de envoltória de edificações ventiladas naturalmente ou híbridas pelo método simplificado.....	24
Tabela 3. Valores de propriedades térmicas dos materiais e de características geométricas na edificação estudada.	37
Tabela 4. Valores característicos para análise de envoltória.....	41
Tabela 5. resumo de informações para classificação do sistema de iluminação.....	43
Tabela 6. Informações de sistema de condicionamento de ar resumidas para a análise no método prescritivo	45
Tabela 7. Resumo de informações para a etiqueta geral.	47
Tabela 8. Consumos de iluminação para as condições de referência e real.	50
Tabela 9. Valores limites e encontrados de parâmetros construtivos para análise de edificação ventilada naturalmente ou híbrida pelo método simplificado.	52
Tabela 10. Resultados da análise de envoltória para a INI-C.....	54
Tabela 11. Resultados da análise do sistema de ar-condicionado para a INI-C.....	56
Tabela 12. Resultados da análise geral para a INI-C.....	57
Tabela 13. Resumo de Resultados obtidos para os métodos aplicados.....	59
Tabela 14. Dados gerais de entrada.	68
Tabela 15. Dados de entrada resumidos para a envoltória.	69
Tabela 16. Dados de entrada para o sistema de condicionamento de ar.	75
Tabela 17. Dados de entrada para sistema de iluminação.....	80
Tabela 18. Dados de entrada dos componentes construtivos da edificação.	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	HISTÓRICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	15
2.2	HISTÓRICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS	16
2.3	AVALIAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	17
2.3.1	Requisitos técnicos da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos – RTQ-C	20
2.3.2	Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - INI-C	20
2.3.3	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência das Edificações - RAC	25
2.4	EDIFÍCIOS ETIQUETADOS	26
2.4.1	Exemplos de edifícios públicos na base de dados do PBE Edifica	26
2.4.2	Comparação de resultados entre diferentes métodos	27
2.4.3	Impacto das decisões de projeto na classificação de eficiência energética	28
3	METODOLOGIA	29
4	OBJETO DE ESTUDO	32
4.1	PROCEDIMENTO E DADOS OBTIDOS POR MEIO DE LEVANTAMENTO IN LOCO	35
4.2	VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E TÉRMICAS DO EDIFÍCIO	36
5	RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO PELO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-C	38
5.1	ENVOLTÓRIA	38
5.2	ILUMINAÇÃO	42
5.3	AR CONDICIONADO	44
5.4	BONIFICAÇÕES E ETIQUETA GERAL	47
6	RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-C	49
6.1	ILUMINAÇÃO	49
6.2	ENVOLTÓRIA	51
6.3	AR-CONDICIONADO	55
6.4	ETIQUETA GERAL	57

7	COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS	59
8	SUGESTÕES PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	61
9	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	APÊNDICE A – Informações e Dados de entrada da Interface INI-C	68
	ANEXO A – EDIFICAÇÕES ETIQUETADAS ATÉ 2022	82
	ANEXO B – RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DA INI-C	86

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). O aumento populacional e os países em desenvolvimento contribuem com a aceleração do aumento do consumo, de forma que somos forçados a buscar novas soluções mais sustentáveis relacionadas com a energia utilizada (PÉREZ-LOMBARD; ORTIZ; POUT, 2008).

Para tal, o mundo encaminha-se para o desenvolvimento de matrizes energéticas renováveis e com baixas emissões de carbono e outros gases poluentes. Entretanto, a mudança da matriz energética não pode ser o único caminho a ser seguido para alcançar a sustentabilidade em termos de energia. Também deve haver diminuição no consumo em toda a cadeia produtiva, com medidas que aumentem a eficiência energética (ROMÉRO; REIS, 2014).

Segundo Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008), a apresentação do consumo de energia final é feita relacionando três setores principais, sendo eles indústria, transporte e outros. No último, estão inclusas as edificações residenciais, comerciais e públicas, que em países desenvolvidos, podem ser responsáveis por consumir de 20% a 40% de toda a energia. 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).

A eficiência energética é um importante recurso para alcançar o consumo sustentável, com aplicabilidade muito ampla, e é caracterizado como fundamental para o cenário futuro de transição a matrizes de baixo carbono. 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, são 3 as principais certificações de edificações relacionadas com a sustentabilidade, sendo elas a *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* (GBC BRASIL, 2023), a *AQUA-HQE* (AQUA-HQE, 2023) e a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). As certificações *LEED* e *AQUA-HQE* são de adoção voluntária e emitida por certificadores especializados, e também são aplicadas em outros países. Já a ENCE, criada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), 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, 2020). Tal avaliação era simples e compreendia a análise de fatores numéricos que envolviam a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de ar condicionado de uma edificação, atribuindo o Equivalente Numérico (EqNum), que indica como a construção impacta no consumo energético (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2022).

O uso do RTQ-C apresenta limitações, como a impossibilidade de analisar a contribuição de ventilação natural e de características da vizinhança, além da inclusão de geração de energia renovável como bonificação (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2022). Assim, foi aprovada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), em 2021 (PBE EDIFICA, 2022). Esta substitui 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).

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca por inovações e mudanças no setor de energia tem se intensificado, como efeito da busca por um mundo mais sustentável, enfatizado pela realização de acordos internacionais, como o Acordo de Paris de 2015 (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2022). Parte destas inovações estão na transição para matrizes energéticas de baixo carbono e renováveis, e outra parte está na redução do consumo de energia por diferentes setores, esta última com outros mais imediatos para os consumidores finais, como a redução dos custos com o gasto em eletricidade.

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). Grande parte do consumo de energia em edificações tem como objetivo atingir as condições de desempenho exigidas nos ambientes, como desempenho térmico e lumínico.

O Procel Edifica (2023) estima que as novas edificações podem ter o consumo reduzido em 50% e as existentes reduzir em até 30% do total a partir de reformas, quando

aplicados as medidas de eficiência energética. Assim, nota-se que o setor é um importante contribuidor para os ganhos relacionados com eficiência energética e tal questão deve ser considerada em decisões de projeto, e é necessário que sejam medidos os impactos destas decisões.

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, além de haver estudos para tornar obrigatória a etiquetagem nível A para edifícios públicos existentes até 2030, e para edifícios novos dos outros setores (MITSIDI, 2020).

1.2 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.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

As primeiras discussões formais a nível mundial para a criação de um modelo sustentável de consumo e desenvolvimento aconteceram na década de 1970 com a Conferência de Estocolmo, e o debate se tornou mais completo desde então (ROMÉRO; REIS, 2014).

Ainda segundo Roméro e Reis (2014), a década de 1970 também ficou marcada pela crise do petróleo, e a criação de primeiras legislações de controle de gastos energéticos, sendo o primeiro momento onde foi imposta a adoção de medidas de eficiência energética em edifícios. Estes regulamentos se baseavam em cadernos técnicos já existentes, criados por institutos como a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), que publica seu *handbook* para projetistas desde 1922 (AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS, 2023).

Porém, relacionando com as edificações, não foram criadas maiores diretrizes e legislações entre 1970 e 1990. Para mudar este quadro, foram criados os primeiros sistemas de certificação ambiental para prédios, conhecidos como selos verdes e com adesão voluntária. (ROMÉRO; REIS, 2014). Estes selos verdes foram grandes incentivos para a aplicação de medidas energéticas por projetistas, de forma que o impacto de edifícios no ambiente passou a ser quantificado.

No Brasil, o principal órgão que busca o aumento de eficiência energética em todos os setores produtivos é o Programa de Conservação de Energia Elétrica (Procel), criado em 1985 (VIANA, 2012). Segundo o Procel (2022), este instituto realiza o fomento de medidas de eficiência energética no Brasil ao investir recursos em programas de uso consciente de energia, onde estima-se uma economia de energia acumulada desde 1986 de 217,9 milhões de MWh desde 1986, sendo 22,73 milhões de MWh apenas em 2021, como mostrado na Figura 1.

Figura 1. Economia de energia devido às medidas do Procel, em bilhões de kWh.



Fonte: Procel (2022).

Por sua vez, as primeiras legislações brasileiras de eficiência energética surgiram com grande atraso, iniciando no contexto da escassez de energia elétrica de 2001,

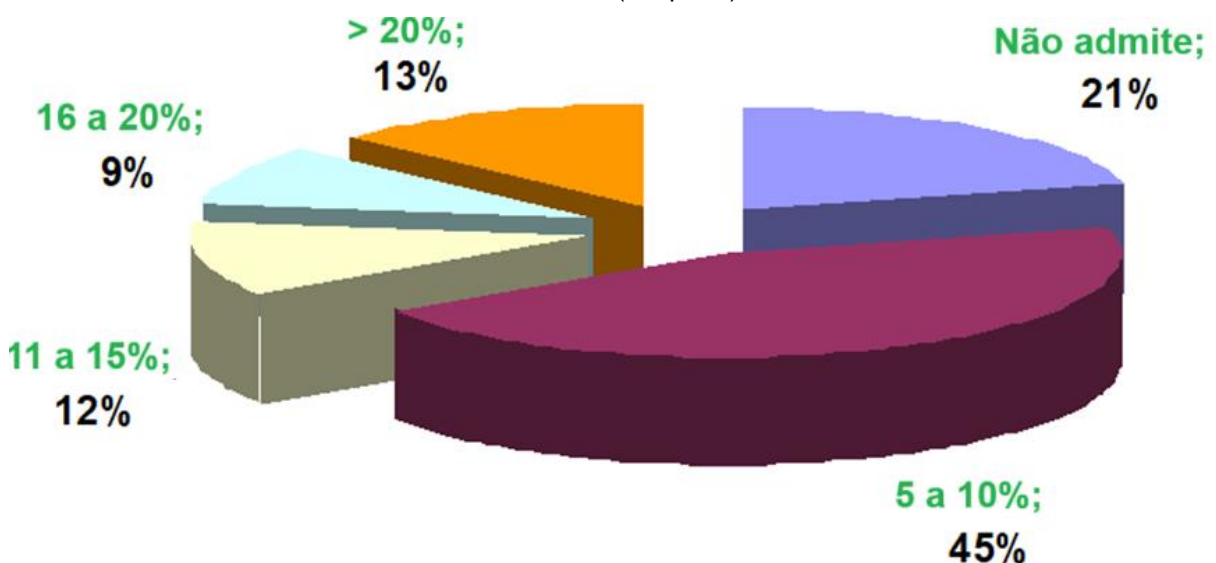
com a aprovação da Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética (VIANA, 2012). Tal lei determinou “níveis máximos de consumo de energia ou níveis mínimos de eficiência energética” que devem ser atendidos pelos fabricantes de equipamentos, além de prever a instituição de ferramentas para a aplicação de eficiência energética em edificações (BRASIL, 2001). Posteriormente, foi aprovado o Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019, como modo de regulamentar a Lei de Eficiência Energética. Neste decreto, são previstas medidas referentes às edificações, como o uso de indicadores de eficiência energética (BRASIL, 2019).

2.2 HISTÓRICO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS

Sob o disposto pela Lei nº 10.295, as primeiras medidas de eficiência energética para edificações públicas foram instituídas (GRUPO TÉCNICO PARA EFICIENTIZAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES, 2021). É possível notar que as edificações públicas buscam adequações desde então, com a formação das Comissões Internas de Conservação de Energia (CICEs) em 22% destas edificações públicas (CORREIA, 2007). A CICE é um corpo técnico que visa a otimização do gasto energético em instituições governamentais ou não governamentais (O QUE..., 2023).

Segundo Correia (2007), neste cenário, a adoção de medidas mais eficientes de consumo energético se tornou um dos dois principais pontos de melhoria em 52% dos edifícios públicos. Em outra análise, a administração de 79% dos prédios públicos analisados admitiu haver possibilidade de redução do consumo energético, como mostrado na Figura 2.

Figura 2. Percentual de redução de consumo de energia (em verde) estimado pelos prédios públicos analisados (em preto).

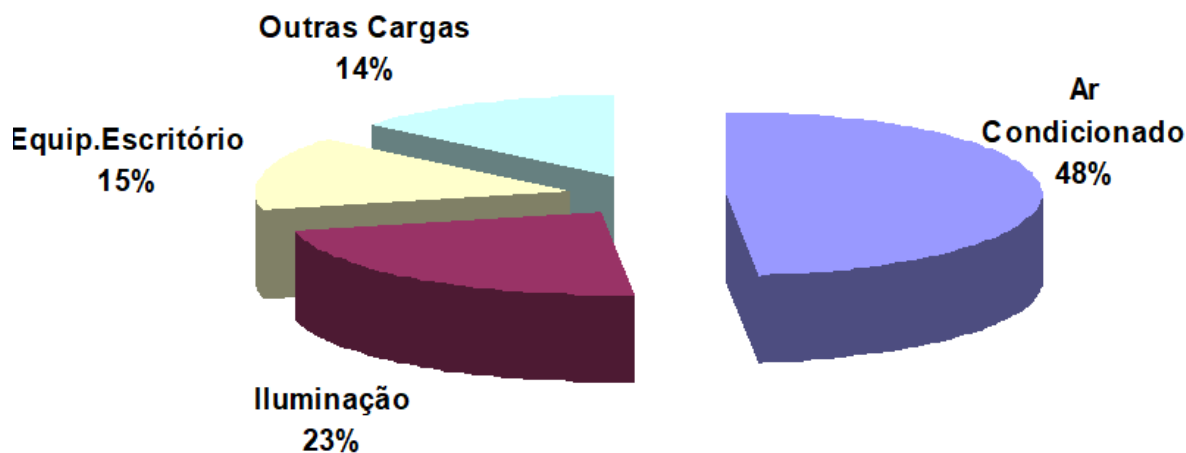


Fonte: Correia (2007).

Para a aplicação de medidas de eficiência energética das edificações, é necessário conhecer o panorama de consumo energético na análise feita, como por auditorias

energéticas. Na análise feita por Correia (2007), os principais usos finais de energia para os edifícios públicos são o uso de ar condicionado e a iluminação, como mostrado na Figura 3. Esta análise é importante para que os recursos sejam aplicados de forma eficaz, visando obter a maior redução de gasto de energia possível.

Figura 3. Consumo de energia por uso final em prédios públicos.



Fonte: Correia (2007).

Ademais, outras medidas instituídas sob a Lei nº 10.295 são a publicação do RTQ-C e a criação da etiqueta com adoção facultativa em 2009 (GRUPO TÉCNICO PARA EFICIENTIZAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES, 2021). Porém, mesmo com a obrigatoriedade de obtenção da ENCE, imposta a partir de 2014 pela Instrução Normativa nº 2 (BRASIL, 2022), nota-se um pequeno número de adesões à etiquetagem no setor público, com 144 edificações classificadas e com etiqueta recebida, em projeto ou construídas, até 2021 (GRUPO..., 2021).

2.3 AVALIAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

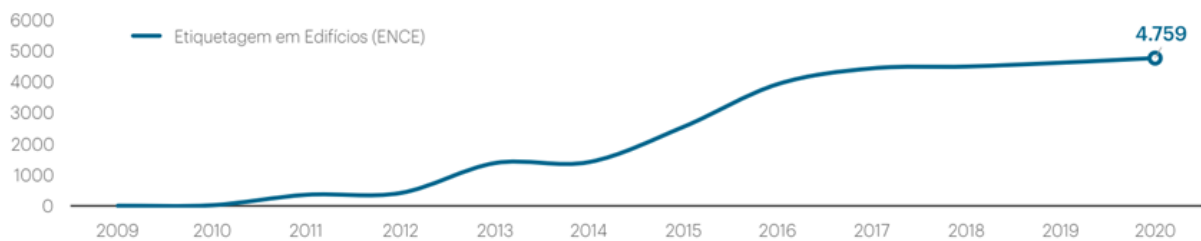
Segundo Wong e Krüger (2017), diversos tipos de verificações energéticas surgiram nos últimos 30 anos no setor das edificações, sendo elas obrigatórias ou não, de forma que esses sistemas mostram com acurácia o impacto de uma edificação no meio ambiente e seu consumo energético, e afetam positivamente os projetos e a eficiência energética. Mais de 80 países aplicam as certificações energéticas para as edificações, impulsionadas pelo seu impacto positivo nas construções (WONG; KRÜGER, 2017).

Em levantamento realizado por Soares *et al.* (2021), mais de 39% dos artigos com o tema de eficiência energética em edificações apresentavam as certificações, etiquetas e normas relacionadas com a eficiência energética, sendo citados: Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), e de Edificações Residenciais (RTQ-R); a norma brasileira ABNT NBR 15220-3; a *Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*; a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e

Públicas (INI-C); o programa *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*; e A norma argentina IRAM 11900. De todos os estudos analisados, mais de 25% tratavam de prédios públicos. Estes dados mostram que, para fins de engenharia, as certificações são muito importantes, visando o desempenho, a viabilidade econômica, os impactos ambientais e o processo de projeto, além de que a obrigatoriedade da ENCE para prédios públicos federais tem impacto positivo.

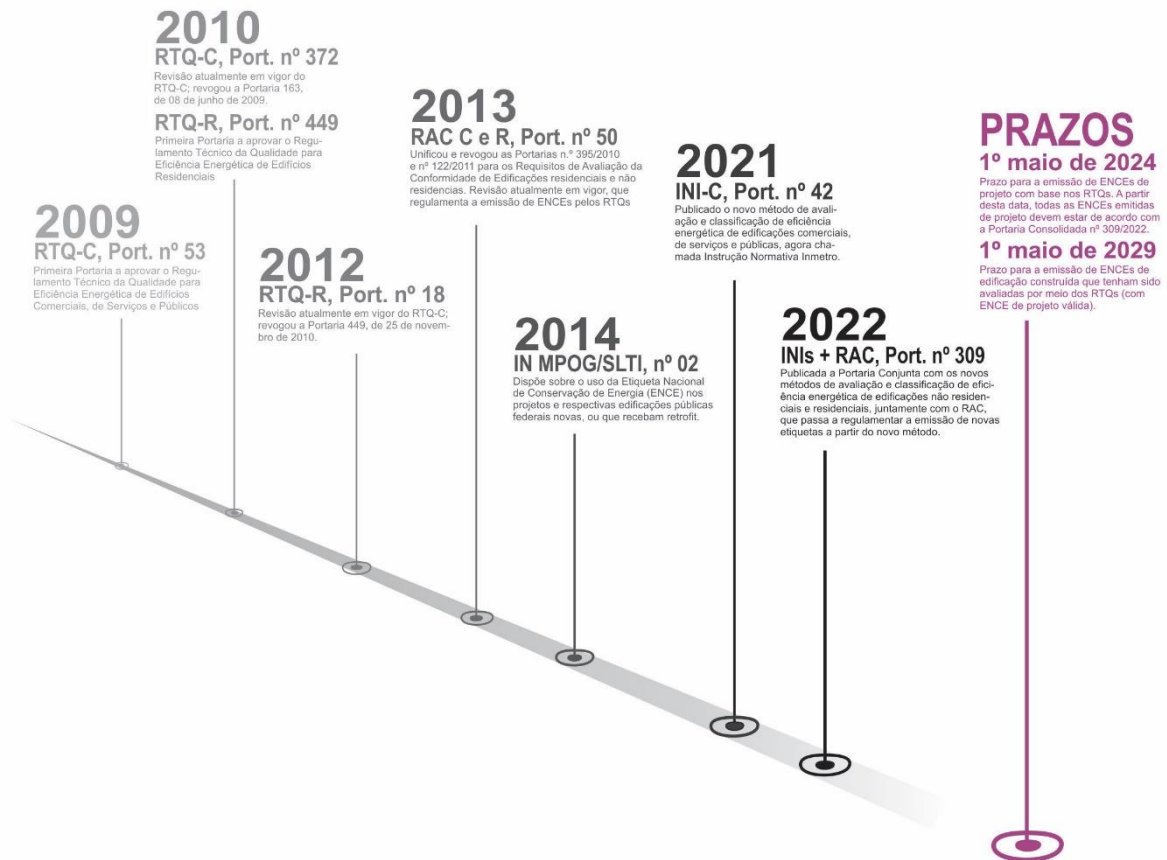
No Brasil, a certificação que mais impactou e mais teve adesões é a ENCE baseada nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética, posteriormente substituídos pela Instrução Normativa Inmetro. Em levantamento feito por Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (2021 apud INMETRO, 2021), mais de 4000 etiquetas foram emitidas no programa do PBE Edifica, como mostrado no gráfico da Figura 4. A Figura 5 apresenta uma linha do tempo da publicação e adoção dos regulamentos pelo PBE Edifica (INIS, 2023)

Figura 4. ENCEs emitidas de 2009 até 2020 (inclui as de projeto e edificações construídas)



Fonte: Ministério..., Empresa... (2021, apud PROCEL, 2021)

Figura 5. Panorama de publicações realizadas pelo PBE Edifica.



Fonte: INIs (2023)

Wong e Krüger (2017) analisaram como o RTQ-C poderia melhorar o método de análise energética, e foram identificadas que as principais características analisadas se referiam ao sistema de condicionamento de ar; ao sistema de iluminação, por meio da densidade de potência de iluminação; e à envoltória da edificação. Para Wong e Krüger (2017), o RTQ-C possuía problemas relacionados à sua menor exatidão, e o sucesso de uma certificação depende de quanto ela representa a realidade do consumo de uma edificação. Para isso, foi sugerido que seja feito monitoramento após a emissão das certificações, além de manter uma base de dados central para a coleta de todas as informações ou dados relevantes ao certificado.

Um sistema complementar à Etiqueta PBE Edifica, também é instituído o Selo Procel Edificações, concedido às edificações que alcançam nível A individualmente em cada um dos sistemas avaliados pela Etiqueta PBE Edifica. O selo visa “identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria” (SELO..., 2023), e este selo foi responsável pela diminuição do consumo de 29,25 GWh em 5 anos (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021, apud PROCEL, 2021).

2.3.1 Requisitos técnicos da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos – RTQ-C

Os primeiros passos do surgimento da ENCE são a aprovação da Lei nº 10.295/2001 e do Decreto nº 4059/2001. A partir deste momento foram iniciados os estudos para a criação de uma certificação nacional e seus requisitos. A primeira versão dos “Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)” foi lançada em 2009, assim como a primeira versão dos “Requisitos de Avaliação de Conformidade e do Nível de Eficiência Energética de Edificações” (RAC). Os requisitos para edificações residenciais (RTQ-R) foram publicados no ano seguinte (ELETROBRAS *et al.*, 2013).

A etiquetagem do RTQ-C contempla dois métodos: o de simulação e o prescritivo. O método prescritivo trata da aplicação de regressão em simulações realizadas para o processamento de dados de outras edificações (BRASIL, 2010). Já o método de simulação parte de um arquivo climático e da modelagem para simulação da edificação em condições real e de referência, esta última com parâmetros descritos no RTQ-C, e a classificação final é feita em função da comparação dos consumos nos dois casos.

A classificação com base no RTQ-C precisa ser realizada individualmente para os sistemas de envoltória da edificação, de iluminação e de condicionamento de ar. Os resultados são dados no formato de índice de eficiência energética na forma de um equivalente numérico (EqNum), que pode ser entendido como a nota de cada sistema quanto ao consumo de energia. O nível da ENCE é determinado em função do EqNum. Além do EqNum, a classificação é condicionada ao cumprimento de pré-requisitos específicos para cada sistema analisado (BRASIL, 2010).

Para a classificação geral da edificação, as classificações individuais devem ser realizadas e as notas somadas com os pesos atribuídos (40% para sistema de ar condicionado, 30% para iluminação e 30% para envoltória), e também somada posteriormente as bonificações da edificação. Para a etiqueta geral também são instituídos pré-requisitos que condicionam a classificação da edificação além do EqNum resultante (BRASIL, 2010).

2.3.2 Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - INI-C

Em concordância com a competência do Inmetro de normatizar a atividade de avaliação de conformidade, foi instituída a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) em 2021 a partir da Portaria Inmetro Nº 42, posteriormente revogada para ser substituída pela Portaria Inmetro nº 308, de 06 de setembro de 2022 (BRASIL, 2022).

A adoção da INI-C em substituição ao RTQ-C tem como principal motivador a “necessidade de implementar a avaliação do consumo por meio da energia primária” (BRASIL, 2021). Isto possibilita a análise contemplando o gasto de energia em suas diferentes formas, como iluminação, térmica e de resfriamento, e também aprimora o indicador de desempenho, devido à avaliação comparativa, com a mesma edificação em condições de referência (BRASIL, 2021). Também ocorreu a substituição do RTQ-R pela INI-R e a publicação dos novos “Requisitos de Avaliação de Conformidade e do Nível de Eficiência Energética de Edificações” (RAC) (BRASIL, 2022).

A ENCE baseada na INI-C apresenta duas formas, a etiqueta de projeto e a etiqueta de edificação construída, um exemplo da ENCE de projeto é apresentada na Figura 6. A emissão da etiqueta continua sendo condicionada ao cumprimento das medidas descritas nos RAC (BRASIL, 2022).

Figura 6. Exemplo de etiqueta de eficiência energética de projeto.



Fonte: Brasil (2022)

A classificação total da edificação analisa a envoltória completa, os sistemas de condicionamento de ar, de iluminação e de aquecimento de água. De acordo com o regulamentado pela INI-C, a análise da envoltória completa é a única obrigatória para a classificação parcial da edificação (BRASIL, 2022).

Novamente, o cálculo de consumo de uma edificação pode ser feito pelo método de simulação ou pelo método simplificado, ou combinando-se os dois para análises de sistemas individuais (BRASIL, 2022). O método de simulação possibilita a aplicação à toda diversidade de projeto, incluindo projetos onde há adoção de soluções inovadoras. Este método é compatível com a modelagem paramétrica pela programação de softwares, que simulam a ventilação cruzada e a troca de calor entre a edificação e o solo, além de permitir a modelagem de multi-zonas de condicionamento interno e determinar a carga do sistema de condicionamento de ar.

Já o método simplificado corresponde à análise de edificação por meio de um metamodelo desenvolvido pelo PBE Edifica (2023b). O método simplificado da INI-C ainda estima o consumo da edificação para os sistemas citados, sendo bastante diferente em relação ao método prescritivo do RTQ-C, que apenas atribuía um equivalente numérico ao nível de eficiência energética da edificação.

Para o caso de edificações condicionadas artificialmente ou para parcelas da edificação condicionadas artificialmente, há restrições à aplicação deste método, de modo que os parâmetros construtivos devem respeitar os limites especificados pela INI-C, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Limites dos parâmetros construtivos em análise com método simplificado, em edificações ou ambientes condicionados artificialmente

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	10 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT_{par})	40 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Densidade de potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})	0,51 W/(m ² .K)	5,07 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da parede externa (U_{par})	0,50 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U_{vid})	1,9 W/(m ² .K)	5,7 W/(m ² .K)

Fonte: Brasil (2022)

A análise de edificações condicionadas artificialmente pelo método simplificado compreende muitas concepções arquitetônicas já consolidadas, porém edificações com soluções inovadoras para desempenho térmico ou que possuam ambientes com geração de carga térmica interna devem ser analisadas apenas por simulações (BRASIL, 2022).

As restrições são ainda maiores para a etiquetagem de envoltória em edificações ventiladas naturalmente ou híbridas, como apresentado na Tabela 2, limitando-se as tipologias e as geometrias dos ambientes e da edificação. Para a análise da ventilação natural, é possível utilizar a plataforma Natural Comfort (PBE EDIFICA, 2023a), onde são apresentadas as localidades que podem ser avaliadas. Neste caso, apenas edificações escolares e de escritórios podem ser avaliadas pelo método simplificado, desde que sigam os horários de ocupação definidos na INI-C. Além disso, a geometria da edificação deve ser de um retângulo ou quadrada, que possuam espaços internos com medidas de áreas próximas, com variação menor que 10%, e em todas as APPs deve haver aberturas para ventilação (BRASIL, 2022).

Tabela 2. Parâmetros e limites para avaliação de envoltória de edificações ventiladas naturalmente ou híbridas pelo método simplificado.

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	45°
Área das APPs	9 m ²	400 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	10 kJ/(m ² .K)	400 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	40 kJ/(m ² .K)	500 kJ/(m ² .K)
Comprimento total (maior dimensão entre os lados da edificação)	13 m	200 m
Fator de área da escada	0	0,28
Fator solar do vidro (FS)	0,2	0,8
Forma das aberturas para ventilação: razão entre a largura e a altura das aberturas para ventilação	0,1	50
Número de pavimentos 1 5	1	5
Pé-direito (PD)	2,75 m	4,25 m
Percentual de área de abertura da fachada total (PAF,T)	5%	70%
Profundidade total (menor dimensão entre os lados da edificação)	8 m	50 m
Transmitância térmica da parede externa (U _{par})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U _{vid})	1 W/(m ² .K)	6 W/(m ² .K)
Tipologias permitidas	Escolas e escritórios	

Fonte: Brasil (2022)

A INI-C apresenta também condições individuais que devem ser atendidas para possibilitar a classificação A, de forma que “todas as condições dos sistemas individuais, quando aplicáveis, deverão ser atendidas”. As condições são individuais aos sistemas de condicionamento de ar, sistema de iluminação e sistema de aquecimento de água (BRASIL, 2022).

Por se tratar de um método comparativo de energia primária, faz-se necessária a determinação de uma condição de referência. Na classificação apresentada pela INI-C, a

condição de referência corresponde à mesma edificação com parâmetros pré-definidos (apresentados em anexos da INI-C) e de nível D de eficiência energética. Já a classificação da edificação verdadeira é dada em função da estimativa da redução do consumo de energia primária ($RedC_{EP}$) (BRASIL, 2022).

O consumo de energia primária na condição real corresponde à soma do consumo de energia elétrica e do consumo de energia térmica para aquecimento de água, subtraindo o total de energia renovável gerado na edificação, aplicando-se fatores de conversão aos três fatores. Já o consumo de energia na condição de referência é apenas o consumo de energia elétrica, com aplicação do fator de conversão. O consumo de energia elétrica em ambas as condições corresponde ao total gasto para refrigeração e iluminação dos ambientes, aquecimento de água e por equipamentos. O consumo de equipamentos é igual nas duas condições (BRASIL, 2022).

2.3.3 Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência das Edificações - RAC

Os “Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência das Edificações” (RAC) são um documento complementar à INI-C, que descreve as diretrizes a serem seguidas para obtenção da ENCE, como a documentação necessária para tal e o processo de inspeção (BRASIL, 2022). A inspeção é feita por profissionais certificados ou “Organismo de Inspeção Acreditado” (OIA), e o RAC apresenta as documentações em seus anexos, bem como a planilha de inspeção (BRASIL, 2022).

O RAC também prevê que as etiquetas emitidas na etapa de projeto tenham validade limitada. Assim que a fase de construção é finalizada ou 5 anos após a obtenção da ENCE, a edificação passa a ter “ENCE de Edificação Construída Pendente” (BRASIL, 2022). A inspeção para ENCE de edificação construída deve ser feita em duas partes, com a verificação de documentos e projetos enviados em arquivo aberto e com visita ao edifício, posterior à finalização das instalações de sistemas (BRASIL, 2022).

Quanto aos procedimentos de levantamento de dados, o RAC determina que estes sejam realizados para cada zona térmica resultante da divisão da edificação, além de que os dados devem estar entre os limites para a utilização do método simplificado (mostrados na Tabela 1), se este for o caso (BRASIL, 2022). Porém, o RAC também prevê a realização de levantamentos amostrais, apenas no método simplificado, que podem compreender os sistemas de iluminação e a envoltória da edificação.

O RAC determina que sejam guardadas as devidas comprovações das propriedades dos materiais, como fotografias, catálogos ou laudos técnicos. Também determina que as diferenças entre os levantamentos da construção e os levantamentos de projeto estejam dentro das tolerâncias especificadas no documento (BRASIL, 2022).

2.4 EDIFÍCIOS ETIQUETADOS

2.4.1 Exemplos de edifícios públicos na base de dados do PBE Edifica

No momento da elaboração deste trabalho, a etiquetagem ainda pode ser realizada por meio do RTQ-C (ou RTQ-R para residências), e no banco de dados do PBE não é apresentada nenhuma edificação etiquetada com a INI-C.

Verificando as edificações presentes no banco de dados do PBE Edifica, até fevereiro de 2023, etiquetadas pelo método previsto no RTQ-C, nota-se que 78 edificações que passaram por inspeção in loco obtiveram nível “A”, e 95 atingiram a mesma classificação após a avaliação do projeto. Para os edifícios públicos, nota-se grande predominância do uso do método prescritivo de avaliação, sendo que apenas em 6 edificações federais foi aplicado o método de simulação (INMETRO, 2022).

A Figura 7 apresenta uma etiqueta de projeto que foi emitida para uma edificação federal em 2022. Neste caso, são destaques as bonificações, que totalizam 2 pontos, porém é considerado apenas 1 ponto (máximo de 1 ponto). A etiqueta apresenta as classificações pontuais, como determinado pelo RTQ-C. Nota-se que há grande área não condicionada, e é necessário garantir que estas áreas apresentem desempenho adequado, já que uma das limitações do RTQ-C é relacionada à ventilação natural (EDIFICAÇÕES..., 2023).

Figura 7. Etiqueta de uma edificação federal em Fortaleza/CE.



SEDE DA POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

Fortaleza/CE
29/04/2022



Fonte: Edificações... (2023).

O Quadro 1 apresenta um resumo das etiquetagens realizadas até 2022 para edifícios públicos, apresentando apenas etiquetas gerais emitidas, que exigem a avaliação de todos os sistemas aplicáveis, de acordo com Inmetro (2022)..

Quadro 1. Resumo das edificações públicas etiquetadas até 2022.

Região do país	Quantidade de edificações públicas etiquetadas	Quantidade de edificações por método utilizado			Tipo de etiqueta emitida		
		Prescritivo	Simulação	Prescritivo e Simulação	Apenas de projeto	Apenas de edificação construída	Ambas
Centro-oeste	11	11	0	0	6	1	4
Nordeste	12	11	1	0	11	0	1
Norte	9	8	1	0	6	0	3
Sudeste	23	21	2	0	18	2	3
Sul	11	9	1	1	7	1	3
TOTAL	66	60	5	1	49	4	14

Fonte: Inmetro (2022)

O Apêndice 1 mostra um quadro mais completo com a relação das edificações públicas etiquetadas até 2022, com informações de método usado, prescritivo ou simulação, e de tipo de etiqueta emitida, de projeto ou edificação construída. Nota-se grande predominância da emissão de etiquetas de projeto, e da preferência pelo uso do método prescritivo. Também se nota queda no número de edificações etiquetadas no ano de 2022, com apenas 7 ENCEs para edificações comerciais, de serviços ou públicas emitidas neste ano, em comparação com as 13 emitidas em 2021. Tal queda pode ser decorrência da publicação completa da INI-C no ano de 2023 (INMETRO, 2022).

2.4.2 Comparação de resultados entre diferentes métodos

Para que a classificação das edificações tenha sucesso em sua aplicação, é necessário que ela apresente indicadores reais e resultados consistentes. Além disso, os diferentes métodos de análise devem resultar em dados próximos ou em harmonia. Para a INI-C, deve-se considerar que são possíveis as análises de simulação e as análises simplificadas. Além disso, vários softwares podem ser usados nas simulações, com diferentes configurações (PIMENTEL *et al.*, 2021).

Em estudo feito por Pimentel *et al.* (2021), o método simplificado com redes neurais da INI-C apresentou resultados próximos aos resultados das diversas simulações realizadas. A maior diferença de estimativa de energia gasta para a climatização dos ambientes foi de 9,82%, e a menor, foi de 1,37%. Para a classificação final, não houve

diferença, de forma que em todas as análises, a edificação real obteve classificação nível A, pois a redução de consumo ficou acima de 38%. Foram usados dois softwares para a simulação, o EnergyPlus e o DesignBuilder, sendo a diferença máxima de consumo entre esses dois softwares de 7,22% (PIMENTEL *et al.*, 2021).

Ainda segundo Pimentel *et al.* (2021), a simulação sofre grande influência do arquivo climático. A INI-C propõe o uso do arquivo “INMET 2016” (LABEEE, c2024), porém, os resultados de carga térmica com este arquivo são menores do que o obtido ao analisar a mesma edificação pelo método simplificado, e a diferença diminui quando utilizado o arquivo “SWERA” (PIMENTEL *et al.*, 2021).

2.4.3 Impacto das decisões de projeto na classificação de eficiência energética

Costa *et al.* (2021) propôs um processo de projeto que busca a otimização do consumo de energia em edificações. Tal método baseou-se nos parâmetros e na classificação da INI-C, ao analisar por meio de modelagem paramétrica e técnicas de otimização um edifício de escritórios a partir de 88 iterações. Tal processo deveria ser aplicado ao fim do projeto arquitetônico, já que nesta etapa devem ser tomadas “decisões que impactam diretamente a eficiência energética da edificação”.

Estas decisões podem ser entendidas como variáveis relacionadas com os principais sistemas atingidos por medidas energeticamente eficientes no contexto da INI-C. No estudo de Costa *et al.* (2021), as variáveis de maior redução de consumo energético eram relacionadas com sombreamentos, com dimensões das janelas e propriedades térmicas dos vidros e das paredes. Como o estudo era simulado em região de clima tropical, o aumento da inércia térmica foi benéfico ao aumento da eficiência energética.

As iterações com maior eficiência energética resultaram na classificação de ENCE nível A, apresentando redução do consumo energético de até 31% em relação as iterações de classificação C, por exemplo (COSTA *et al.*, 2021). Este estudo mostra que os regulamentos e avaliações de consumo energético são essenciais. Por fim, nota-se que as variáveis de projeto são muito determinantes no nível de eficiência energética de uma edificação, e que devem ser levadas em conta pelos projetistas ao considerar a emissão de certificações.

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, o atual panorama dos prédios públicos quanto ao consumo de energia e em relação às etiquetagens já realizadas. O estudo bibliográfico também compreende 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 compreende a escolha da edificação. No trabalho, foram consideradas 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.

Posteriormente, são determinadas quais variáveis serão utilizadas na análise. Neste item, são analisados os documentos que determinam as metodologias de análise. São levantadas as variáveis necessárias para o a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. E então são verificadas quais são as variáveis utilizadas no método simplificado da INI-C, que estão descritas no Anexo Específico I dos Requisitos de Avaliação de Conformidade (RAC).

Então, é feito o levantamento de dados necessários para a classificação. Para esta etapa, são determinadas as diretrizes e formas de avaliação no RAC. Neste documento, estão previstos os métodos de estudo para inspeções de projeto e inspeções de edificações construídas. Também são utilizados resultados e dados obtidos por outros estudos sobre o mesmo edifício. A obtenção de documentos da edificação, como plantas baixas, cortes, elevações, memoriais descritivos e de cálculo e tabelas de quantitativos, também compreende esta etapa.

Com as variáveis levantadas, é realizada uma classificação preliminar da edificação quanto ao consumo energético. Esta etapa compreende a aplicação do método prescritivo do RTQ-C a partir de interface web, o WebPrescritivo (LabEEE, 2023), disponibilizada pelo PBE Edifica.

A análise definida no RTQ-C é dividida nas seguintes cinco partes: pré-requisitos gerais; envoltória; sistema de iluminação; sistema de condicionamento de ar; e bonificações. Na primeira, verifica-se a presença de divisão de circuitos e se há economia de energia no aquecimento de água. Na segunda, é analisada a interface térmica da edificação com a sua localidade, a partir das suas propriedades térmicas e geométricas.

Na terceira, é verificado se a densidade de potência de iluminação limite para cada um dos níveis de eficiência é superado, e este trabalho utilizou o método das áreas da

edificação, que possibilita análise da edificação em até 3 partes. Também nesta etapa devem ser verificados os pré-requisitos para todos os ambientes: de divisão de circuitos entre ambientes, para o controle individual de desligamento; da contribuição de luz natural, onde verifica-se se as luminárias mais próximas às aberturas podem ser desligadas separadamente; e do desligamento automático, que compreende o uso de sensores para desligar a iluminação de ambientes desocupados.

Na quarta parte, são verificados os dispositivos condicionadores de ar, que podem ser etiquetados ou não. Como pré-requisito, é verificada a presença de isolamento adequado das tubulações. Para a atribuição do nível de eficiência energética, é realizada a ponderação da eficiência de cada um dos equipamentos com sua capacidade, de modo a obter um equivalente numérico. Por último, podem ser atribuídas bonificações na etiqueta geral, referente à economia de água, a presença de sistemas de geração por fontes renováveis ou por elevadores eficientes, e finalmente, a classificação geral da edificação.

Em seguida, é feita a verificação do cumprimento dos requisitos da edificação para a aplicação do método simplificado da INI-C. Estes requisitos são apresentados nas tabelas 1 e 2 do item 4.2.3 deste trabalho, para edificações condicionadas artificialmente e para edificações com ventilação natural ou híbridas, respectivamente. No caso de não cumprimento dos requisitos para edificações ventiladas naturalmente, não é possível considerar os efeitos da ventilação natural na edificação.

Posteriormente, é 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, ou o método das atividades, para edifícios com grande diversidade de usos. Então, definem-se as potências de iluminação limite das condições de referência e a potência de iluminação total da condição real. Com isso, é possível determinar o consumo anual em cada uma das situações, e definir a redução do consumo entre a condição real e a condição de referência do nível D. Esta redução de consumo resultante é utilizada para classificar a edificação. Caso o resultado seja nível A, deve ser verificada a elegibilidade da edificação para esta classificação por pré-requisitos de divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático.

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).

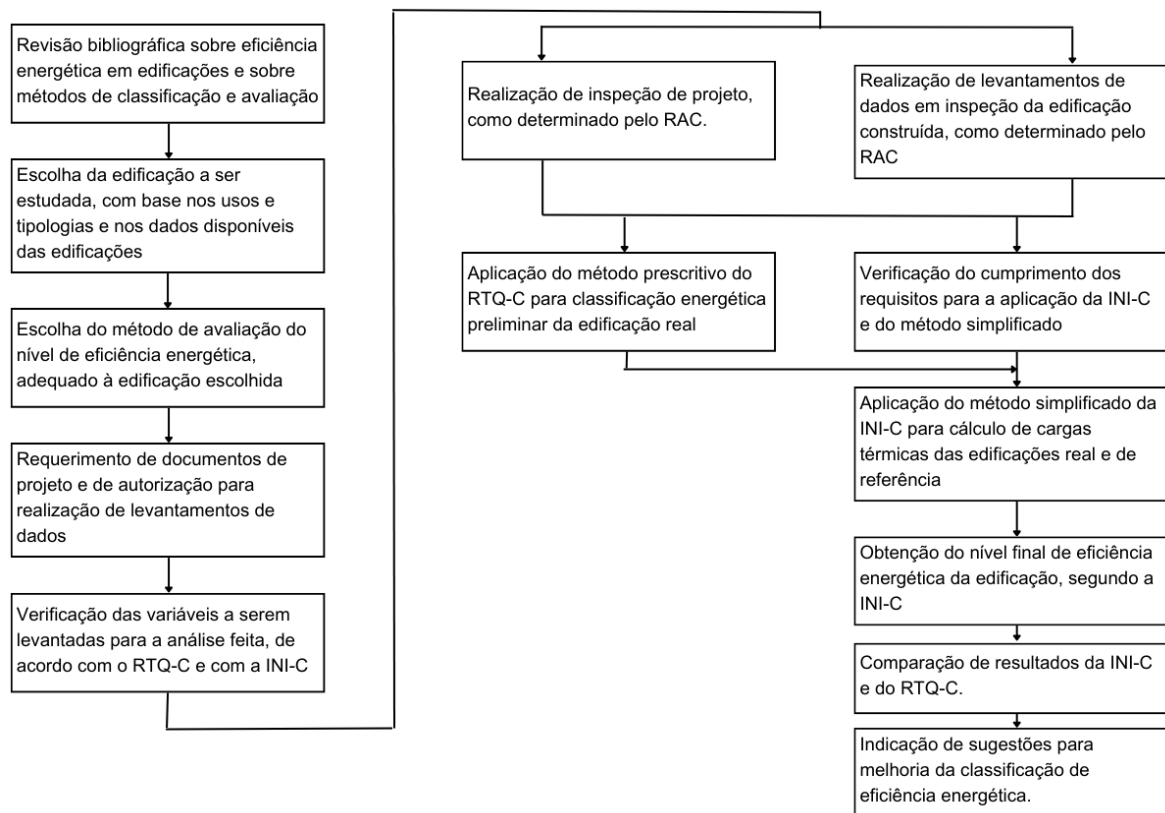
Com a divisão das zonas térmicas, é utilizada a plataforma web da INI-C desenvolvida pelo PBE Edifica (2023b). São informados os dados de cada uma das zonas térmicas, como seus materiais e componentes, para a obtenção da carga térmica das situações reais e de referência. Este número corresponde a qual a energia necessária para resfriamento do ambiente para atingir o conforto térmico. Comparando a situação real com a de referência do nível D, obtém-se a redução do consumo de energia para o sistema e a classificação da envoltória.

Para o sistema de ar-condicionado, a metodologia é similar, devendo ser apresentado algum coeficiente de eficiência energética do equipamento e as zonas térmicas que estão presentes. Também é calculado o consumo em situações real e de referência do nível D. Além disso, deve ser informado se os requisitos para a classificação nível A são cumpridos em cada uma das zonas térmicas. Neste estudo, será utilizado o coeficiente de performance (COP), que é o mesmo utilizado para equipamentos etiquetados no RTQ-C.

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 8.

Figura 8. Metodologia utilizada.



Fonte: autoria própria.

4 OBJETO DE ESTUDO

Para este estudo, foi necessário realizar a escolha de uma edificação pública para a aplicação dos métodos de avaliação de eficiência energética apresentados. Assim, 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. Assim, este trabalho pode se embasar em levantamentos de dados recentes, com as devidas atualizações e complementações. Esse edifício é mostrado nas figuras 9, 10, 11, e 12.

Figura 9. Fachada leste do edifício.



Fonte: autoria própria.

Figura 10. Fachada oeste do edifício.



Fonte: autoria própria.

Figura 11. Fachada sul do edifício.



Fonte: autoria própria.

Figura 12. Fachada norte do edifício.



Fonte: autoria própria.

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, como verificado por Ayusso (2017), sendo este um diferencial a outros prédios do campus, além de possuir unidades de condicionamento de ar distribuídas por vários dos ambientes. Com estas características, foi possível verificar a possibilidade de

ocupação prolongada ou transitória (como áreas de circulação, banheiros, garagens, depósitos e áreas técnicas).

Em relação a iluminação artificial, foram levantadas informações sobre a divisão dos circuitos, a capacidade de uso da luz natural, o uso de sensores para desligamento e sobre os equipamentos instalados, com as características das lâmpadas, potência e quantidades. Também foram levantados os equipamentos eletrônicos de maior potência para cálculo da densidade de potência total da edificação.

Para cada ambiente também foi verificada a forma de ventilação do ambiente. Em caso de ambientes condicionados, é necessário obter as informações técnicas dos equipamentos, como capacidade de refrigeração ou aquecimento e nível de eficiência.

4.2 VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E TÉRMICAS DO EDIFÍCIO

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), a cidade de São Carlos está localizada na Zona Bioclimática 4 (ZB4). O edifício apresenta área total construída de 2.301,490 m² e área interna útil de 1.986,984 m², baseado em medição realizada na documentação fornecida. Sua principal atividade é de escritório, responsável pelo uso de 54,43% da área interna útil, totalizando 1.081,596 m². Assim, é possível realizar a avaliação da iluminação do RTQ-C pelo método da área.

Segundo o disposto na INI-C, este edifício analisado é caracterizado como de ventilação híbrida, já que as áreas de permanência prolongada possuem controles individuais sobre o condicionamento, e há áreas de permanência transitória sem condicionamento. Como apresentado no item 4.2.3, na tabela 1, para a aplicação do método simplificado da INI-C, o edifício deve atender a algumas características e propriedades, e este é outro motivo que levou a escolha da reitoria para este estudo. Com a possibilidade de acesso à informação dos sistemas construtivos utilizados na edificação, às suas características dimensionais e às suas condições de contorno, é possível verificar se o edifício atende as condições impostas pelo método, de modo a atingir os objetivos parciais do estudo.

Na tabela 3 a seguir, são mostrados os valores encontrados para a edificação estudada. Os valores para as propriedades térmicas foram verificados a partir de correlação dos sistemas construtivos encontrados em levantamentos in loco e em documentação disponibilizada pela SeGEF, com o Anexo V da Portaria Inmetro nº50/2013 (BRASIL, 2013) e com valores fornecidos por Componentes... (c2023). Já valores dimensionais foram verificados na planta disponibilizada pela SeGEF e confirmados nas medições in loco. As densidades de potência de equipamentos e de iluminação foram obtidas a partir da contagem

dos equipamentos e da verificação de suas potências, ou com uso de valores médios, como os determinados pela CEMIG (2022).

Tabela 3. Valores de propriedades térmicas dos materiais e de características geométricas na edificação estudada.

Parâmetros	Valores encontrados
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,46
Absortância solar da parede (α_{par})	0,35
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	10°
Média de área das APPs	31,89 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	180,00 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	151,00 kJ/(m ² .K)
Comprimento total (maior dimensão entre os lados da edificação)	57,52 m
Fator de área da escada	0,0039
Fator solar do vidro (FS)	0,87
Forma das aberturas para ventilação: razão entre a largura e a altura das aberturas para ventilação	2,0506
Número de pavimentos	2
Pé-direito (PD)	2,998 m
Percentual de área de abertura da fachada total (PAF,T)	21,64 %
Profundidade total (menor dimensão entre os lados da edificação)	54,64 m
Transmitância térmica da parede externa (U _{par})	2,39 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	1,79 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U _{vid})	5,70 W/(m ² .K)
Tipologia	Escritórios

Fonte: autoria própria

5 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO PELO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-C

A partir dos dados levantados, a primeira análise a ser realizada é a etiquetagem geral pelo método prescritivo do RTQ-C. Para tal, 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. Na figura 14, é apresentada a entrada de dados para os pré-requisitos gerais no WebPrescritivo.

Figura 14. Pré-requisitos gerais considerados.

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende

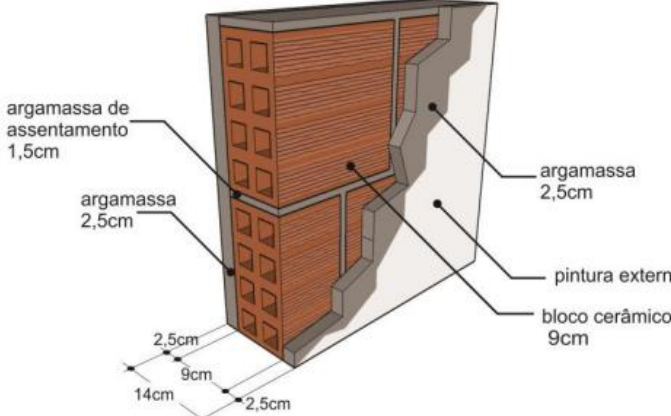
Fonte: autoria própria.

5.1 ENVOLTÓRIA

Para a classificação da envoltória, é analisado o comportamento térmico da interface entre ambientes externos e internos da edificação. Neste item, são dados de entrada tanto propriedades térmicas dos materiais, como características geométricas da edificação e suas aberturas, obtidas como mostrado no Item anterior 4.1. Vale ressaltar que, mesmo os jardins sendo ambiente externo ao edifício, as paredes que limitam esses jardins não foram consideradas para determinar área de envoltória.

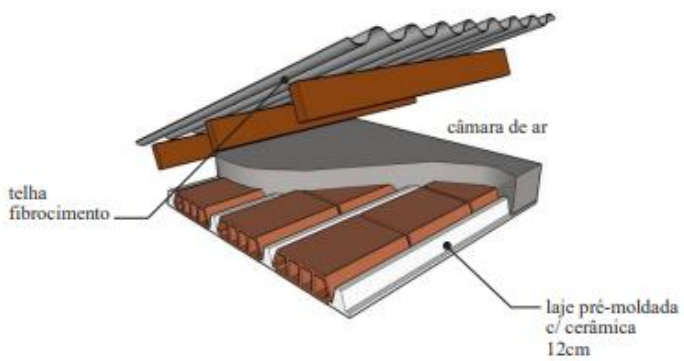
Para os materiais, as tipologias verificadas são semelhantes em toda a edificação, sendo apresentadas nas figuras 15, 16, e 17 a seguir as composições dos sistemas construtivos de paredes externas, cobertura e os vidros das esquadrias, respectivamente, com os valores das suas propriedades térmicas, e na figura 18 são mostrados os valores de absorvância térmica para paredes pintadas, como determinado no Anexo V da Portaria Inmetro nº50 de 2013 (BRASIL, 2013) e por Componentes... (c2023). O valor de absorvância térmica da cobertura é de 46%, segundo Dornelles (2021).

Figura 15. Tipologia de parede externas da edificação.

	Descrição:	41						
	<p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 19,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,39</td> <td>151</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	2,39	151	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
2,39	151							

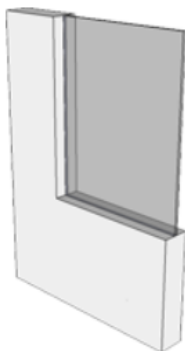
Fonte: Brasil (2013)

Figura 16. Tipologia de cobertura da edificação.

	Descrição:	10						
	<p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento 0,8cm</p>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,79</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,79	180	
U	C_T							
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]							
1,79	180							

Fonte: Brasil (2013)

Figura 17. Vidro de 6 mm encontrado nas esquadrias.



Vidros

Vidro simples incolor 6 mm

Transmitância

5.700 W/m².K

Fator Solar

0.87

Fonte: Componentes... (c2023)

Figura 18. Valor de absorvência para as paredes, com destaque para a tinta utilizada

Tipo	Número	Cor	Nome	α	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrilica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4	Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	02		Amarelo Terra	64,3		41		Erva doce	21,9
	03		Areia	44,9		42		Flamingo	46,8
	04		Azul	73,3		43		Laranja	39,9
	05		Azul Imperial	66,9		44		Marfim	29,7
	06		Branco	15,8		45		Palha	28,5
	07		Branco Gelo	37,2		46		Pérola	25,7
	08		Camurça	57,4	47		Pêssego	39,5	
	09		Concreto	74,5	48		Alecrim	64,0	
	10		Flamingo	49,5	49		Azul bali	48,9	
	11		Jade	52,3	50		Branco Neve	10,2	
	12		Marfim	33,6	51		Branco Gelo	29,7	
	13		Palha	36,7	52		Camurça	55,8	
	14		Pérola	33,0	53		Concreto	71,5	
	15		Pêssego	42,8	54		Marfim	26,7	
	16		Tabaco	78,1	55		Marrocos	54,7	
	17		Terracota	64,6	56		Mel	41,8	
Acrilica Semi-brilho	18		Amarelo Antigo	49,7	57		Palha	27,2	
	19		Amarelo Terra	68,6	58		Pérola	22,1	
	20		Azul	79,9	59		Pêssego	35,0	
	21		Branco Gelo	36,2	60		Telha	70,8	
	22		Cinza	86,4	61		Vanila	23,9	
	23		Cinza BR	61,1	62		Amarelo Canário	25,2	
	24		Crepúsculo	66,0	63		Areia	35,7	
	25		Flamingo	47,3	64		Azul Profundo	76,0	
	26		Marfim	33,9	65		Branco Neve	16,2	
	27		Palha	39,6	66		Branco Gelo	28,1	
	28		Pérola	33,9	67		Camurça	53,2	
	29		Preto	97,1	68		Cerâmica	65,3	
	30		Telha	69,6	69		Concreto	71,6	
	31		Terracota	68,4	70		Flamingo	44,4	
	32		Verde Quadra	75,5	71		Marfim	24,5	
	33		Vermelho	64,2	72		Palha	26,4	
Látex PVA Fosca	34		Amarelo Canário	29,3	73		Pérola	22,9	
	35		Amarelo Terra	61,4	74		Pêssego	29,8	
	36		Areia	39,0	75		Preto	97,4	
	37		Azul angra	32,3	76		Vanila	27,7	
	38		Bianco Sereno	26,6	77		Verde Musgo	79,8	
	39		Branco	11,1	78		Vermelho Cardinal	63,3	

Fonte: adaptado de Brasil (2013).

Os valores considerados são mostrados na Tabela 4 a seguir. Concluindo o cálculo, esta edificação recebe classificação C neste sistema em específico, pois não atinge o valor máximo previsto no pré-requisito de nível B de transmitância térmica da cobertura para ambientes condicionados. Na Figura 19, é apresentada a realização do cálculo na plataforma web.

Tabela 4. Valores característicos para análise de envoltória.

Variável	Valor
Cidade	São Carlos - SP
zona bioclimática	4
Transmitância Térmica da Cobertura (U_{cob-ac})	1,790 W/(m ² K)
Transmitância Térmica da Cobertura ($U_{cob-anc}$)	1,790 W/(m ² K)
Transmitância Térmica das paredes (U_{par})	2,390 W/(m ² K)
Percentual de Abertura Zenital (PAZ)	0,0
Absortância Solar da Cobertura (α_{cob})	46,0%
Absortância Solar das paredes (α_{par})	35,0%
Capacidade Térmica das Paredes (CT_{par})	151,0 (kJ/m ² K)
Fator Solar (FS)	0,870
Área Total Construída (A_{tot})	2.301,490 m ²
Área de Projeção da Cobertura (A_{pcob})	2.187,418 m ²
Área de Projeção do Edifício (A_{pe})	2.187,418 m ²
Volume Total da Edificação (V_{tot})	6.899,383 m ³
Área da Envoltória (A_{env})	3.430,402 m ²
Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAFt)	21,640%
Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAFo)	21,240%
Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)	12,69°
Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)	6,34°

Fonte: autoria própria.

Figura 19. Entrada de dados e etiqueta parcial da envoltória no WebPrescritivo.

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 4 Cidade São Carlos SP

Pré-requisitos

U_{COB-AC}	<input type="text" value="1.79"/>	W/(m ² K)	α_{COB}	<input type="text" value="46"/>	%
$U_{COB-ANC}$	<input type="text" value="1.79"/>	W/(m ² K)	CT_{PAR}	<input type="text" value="0"/>	kJ/(m ² K)
U_{PAR}	<input type="text" value="2.39"/>	W/(m ² K)	α_{PAR}	<input type="text" value="35"/>	%
PAZ	<input type="text" value="0"/>	%	FS	<input type="text" value="0.87"/>	

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT} m² FA: 0.95

A_{PCOB} m²

A_{PE} m²

V_{TOT} m³

A_{ENV} m²

Características das Aberturas

FS

PAF_T %

PAF_O %

AVS °

AHS °

* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

C

Fonte: autoria própria.

Com estes resultados, é possível esperar que o edifício não responda adequadamente ao clima, necessitando de gasto energético adicional para climatização e condicionamento dos ambientes para atingir o nível de conforto mínimo, segundo o RTQ-C.

5.2 ILUMINAÇÃO

Em relação ao sistema de iluminação, verifica-se que o prédio atende todos 2 pré-requisitos: divisão de circuitos, onde é analisado se cada ambiente pode ter sua iluminação controlada individualmente; e contribuição da luz natural, onde é verificada a possibilidade de desligamento das fileiras de luminárias próximas a janelas voltadas à área externa. O pré-requisito de desligamento automático não se aplica a esta edificação, pois este verifica o uso de sensores de presença para desligar a iluminação em ambientes com mais de 250 m², e não são encontrados ambientes com área maior que 250 m² na edificação.

No edifício, 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. São encontradas tanto lâmpadas tubulares, como lâmpadas de bulbo.

Para o cálculo do equivalente numérico do sistema de iluminação, este trabalho considera o método das áreas, já que a sua atividade principal, de escritório, ocupa 54,43% da área útil total do edifício, totalizando 1.081,596 m² dos 1.986,984 m². Com potência instalada total de 10.680 W, desconsiderando a iluminação para galerias, como ocorre com iluminação pontual no Auditório. Com a área útil iluminada de 1.986,98 m², e densidade de potência limite para o nível A de 9,7 W/m² para escritórios, como determinado no RTQ-C, verifica-se que a potência instalada máxima no prédio para classificação A é de 19.273,71 W. Assim, como os pré-requisitos individuais para o nível A também foram atingidos, o sistema de iluminação da edificação recebe classificação A, conforme é apresentado resumo na Tabela 5. Na Figura 20, são apresentados dados de entrada e resultados na plataforma Web.

Tabela 5. resumo de informações para classificação do sistema de iluminação.

Divisão de circuitos	ATENDE
Contribuição da luz natural	ATENDE
Desligamento automático	NÃO SE APLICA
Atividade	ESCRITÓRIOS
Potência total	10.680 W
Área útil iluminada	1.986,98 m ²
Potência limite para nível A	19.273,71 W
EqNum iluminação	5
Classificação do sistema	A

Fonte: autoria própria.

Figura 20. Entrada de dados e etiqueta parcial do sistema de iluminação no WebPrescritivo.

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m ²]
1	Escritório	- 1 +	10680	1986.984

A

* Desde que observados os pré-requisitos de desligamento automático do sistema de iluminação, contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Fonte: autoria própria.

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, sendo um importante ponto de atenção ao desempenho das edificações.

5.3 AR CONDICIONADO

O terceiro e último sistema a ser avaliado é o de condicionamento de ar. Para tal, é necessário conhecer os equipamentos, tanto etiquetados pelo Procel, com sua capacidade, em BTU/h, e sua eficiência, em W/W; quanto não etiquetados, onde há verificação de pré-requisitos para atribuir um nível de eficiência.

Na edificação analisada, a área total condicionada é de 1.285,249 m². São encontrados 45 ambientes condicionados, equipados com 61 equipamentos. Destes, 56 são do tipo split de parede; 4 são do tipo cassete de teto, no auditório; e apenas 1 é do tipo janela. Apenas este aparelho de janela não é etiquetado, e por se tratar de um dispositivo antigo, nenhum dos pré-requisitos são atendidos e seu nível de eficiência é considerado como E.

Para os outros equipamentos etiquetados, foi possível utilizar as capacidades e potências máximas individuais destes, apresentadas nas fichas técnicas presentes nos aparelhos, mas que também podem ser consultadas nas bases de dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE, 2012; PBE, 2020), a partir dos dados verificados em campo dos dispositivos. Dos aparelhos etiquetados, verifica-se após consulta dos modelos e das fichas técnicas com as tabelas do PBE que 31 são de nível A, mais eficientes; 6 têm classificação B; 6 têm classificação C; e 17 são de nível D. Em geral, baseado no levantamento feito, nota-se que os equipamentos mais antigos apresentam os menores níveis de eficiência.

Segundo a classificação do RTQ, a avaliação do sistema de condicionamento de ar prevê apenas um pré-requisito, que compreende a presença de isolamento adequado das tubulações dos sistemas de condicionamento. Na edificação estudada, não foi encontrado o isolamento mínimo exigido para as tubulações. Assim, a edificação não atende este pré-requisito.

Isto posto, com análise feita para cada um dos ambientes separadamente, é resultante um nível B de eficiência parcial de condicionamento de ar, com o resumo de informações apresentados na Tabela 6. Segundo o método do RTQ-C, é possível concluir que o edifício tem equipamentos com consumo energético adequado para manter o conforto dos ambientes, porém com margem para melhora, principalmente com troca dos equipamentos menos eficientes. A partir dos dados, é possível verificar que 49% dos aparelhos não possuem

Etiqueta de Eficiência Nível A, sendo este um fator de grande influência na classificação parcial. A Figura 21 apresenta a entrada de dados no WebPrescritivo, bem como seus resultados

Tabela 6. Informações de sistema de condicionamento de ar resumidas para a análise no método prescritivo

Isolamento de tubulações de ar condicionado	NÃO POSSUI
Equipamentos Nível A	31
Equipamentos Nível B	6
Equipamentos Nível C	6
Equipamentos Nível D	17
Equipamentos não etiquetados	1
Porcentagem de aparelhos com eficiência abaixo do nível A	49,2%
Área útil	1.986,984 m ²
Área condicionada	1.285,249 m ²
Eficiência do sistema	B

Fonte: autoria própria.

Figura 21. Entrada de dados e etiqueta parcial do sistema de ar condicionado no WebPrescritivo.

Condicionamento do Ar

Pré-Requisitos Gerais

Possui isolamento de tubulações

Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	Auditorio	- 4 +	split	24000	3.03	B
			split	24000	3.03	B
			split	24000	3.03	B
			split	24000	3.03	B
2	Atendimento PROPG	- 1 +	split	9000	3.26	A
3	COORDENADORIA PRC	- 1 +	split	9000	3.26	A
4	SECRETARIA PROPG	- 2 +	split	9000	3.26	A
			split	9000	3.26	A
5	GABINETE PROPG	- 1 +	split	9000	3.26	A
6	GABINETE ADJUNTO PI	- 1 +	split	9000	3.26	A
7	GABINETE VICE REITO	- 1 +	split	18000	3.24	A
8	ATENDIMENTO PROPEI	- 1 +	split	9000	3.05	B
9	COORDENADORIA PRC	- 1 +	split	9000	3.26	A
10	SECR PROPEQ 1	- 1 +	split	12000	3.26	A
11	SECR PROPEQ 2	- 1 +	split	12000	3.26	A
12	GAB PROPEQ	- 1 +	split	12000	3.26	A
13	SECR PLANEJ 1	- 1 +	split	9000	3.26	A
14	SECR PLANEJ 2	- 1 +	split	18000	2.81	D
15	SECR ASSESSOR	- 1 +	split	9000	3.26	A
16	GAB ASSESSOR E REU	- 1 +	split	12000	2.81	D
17	SECRETARIA	- 1 +	split	12000	2.81	D
18	S. IMPORTAÇÃO	- 1 +	split	12000	2.92	C
19	DECOM	- 4 +	split	9000	3.26	A
			split	9000	3.26	A
			split	9000	3.26	A
			split	9000	3.26	A
20	DICEEG	- 1 +	split	18000	2.64	D
21	DIOR/DECO	- 2 +	split	12000	2.81	D
			split	12000	2.81	D
22	CCAP	- 1 +	split	12000	3.26	A
23	COF	- 1 +	split	12000	3.26	A
24	SUPORTE	- 1 +	split	9000	3.26	A
25	SUPORTE JURIDICO	- 1 +	split	18000	3.25	A
26	ASSESSORIA PROAD	- 1 +	split	7500	2.81	D
27	PROAD	- 1 +	split	9000	2.81	D
28	DEA	- 2 +	split	22000	3.31	A
			split	18000	3.24	A
29	DIAP/DEPAT	- 3 +	split	9000	2.60	D
			split	9000	2.60	D
			split	9000	2.60	D
			split	18000	3.24	A
30	DEFIN	- 3 +	split	18000	3.24	A
			split	18000	3.24	A
			split	12000	2.93	C
31	CONTABILIDADE	- 1 +	split	12000	3.26	A
32	XEROX	- 1 +	split	12000	2.81	D
33	SECR. PROCURADORIA	- 1 +	split	12000	3.26	A
34	SALA 1	- 1 +	split	9000	3.26	A
35	SALA 2	- 1 +	split	9000	3.26	A
36	FINANÇAS	- 1 +	split	12000	3.26	A
37	PLANEJ REUNIÕES	- 1 +	split	9000	3.26	A
38	SECRETARIA PROAD	- 1 +	split	9000	2.81	D
39	SECR REITORIA	- 1 +	split	12000	2.95	C
40	GAB REITORIA	- 2 +	split	18000	2.95	C
			split	18000	2.95	C
41	CHEFIA DE GABINETE	- 1 +	split	18000	2.95	C
42	SECR. APOIO	- 1 +	split	12000	2.81	D
43	SOC	- 1 +	split	24000	2.81	D
44	SALA COMISSÕES	- 1 +	split	9000	2.6	D
45	SALA PROC. GERAL	- 1 +	split	12000	2.81	D
46	PROPEQ	- 1 +	split	18000	3.05	B

Condicionadores de ar não etiquetados

-	Condicionador de ar	+	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1	Condicionador de Janela na Secr		12000	E	<input type="checkbox"/> Visualizar	E

AU m²

AC m²

Fonte: autoria própria.

5.4 BONIFICAÇÕES E ETIQUETA GERAL

Para a conclusão da classificação no método prescritivo do RTQ-C, pode ser considerada a aplicação de bonificações na pontuação final, referentes a uso racional de água por equipamentos, presença de equipamentos de fontes renováveis de energia ou de inovações técnicas ou cogeração, e de economia de energia por elevadores. No caso da edificação analisada, não foi identificado nenhum destes itens. Assim, nenhum ponto de bonificação é concedido

Para a obtenção da etiqueta geral, é necessário atribuir um valor que represente o conforto térmico em ambientes não condicionados, o EqNumV, que varia de 1 a 5, sendo 1 o mais desconfortável, e 5 como havendo conforto térmico nestes ambientes em todo momento. Para a edificação analisada, por falta de informações, atribui-se o valor de EqNumV igual a 1.

Além disso, é necessário informar o total de áreas de permanência transitória da edificação, que inclui áreas de circulação, banheiros, depósitos, áreas técnicas e arquivos. Foi verificado um total de 313,13 m² na edificação.

Por fim, é possível concluir a análise do método prescritivo do RTQ-C. A edificação atingiu pontuação total de 3,76, equivalente ao nível B de eficiência. As informações de etiqueta geral são apresentadas na Tabela 7, bem como a entrada de dados na figura 22.

Tabela 7. Resumo de informações para a etiqueta geral.

Eficiência parcial da envoltória	C
Eficiência parcial da iluminação	A
Eficiência parcial do condicionamento de ar	B
Economia de água por equipamentos de uso racional	0%
Economia de energia para aquecimento de água por uso de fontes renováveis	0%
Economia de energia por geração de fontes renováveis	0%
Economia de energia por cogeração ou inovações técnicas	0%
Bonificações (b)	0
Elevadores	-
Área de permanência transitória	313,13 m ²
Área não condicionada	388,60 m ²
Nível de etiqueta geral	B
Pontuação final	3,76

Fonte: autoria própria

Figura 22. Entrada de dados da bonificação e da etiqueta geral no WebPrescritivo.

Bonificações

Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : <input type="text" value="-"/>

Etiqueta Geral


APT m² (?)

ANC m² (?)

EqNumV (?)

b (?)

Pontuação: 3.76



Fonte: autoria própria.

6 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-C

Para a próxima etapa deste trabalho, é feita a avaliação da possibilidade de análise da edificação no método simplificado previsto na INI-C. Para tal, os sistemas analisados são os de iluminação, envoltória e de condicionamento de ar, nesta ordem, já que os resultados de iluminação são utilizados para o cálculo da eficiência da envoltória.

O método utilizado é o simplificado da INI-C. Assim, primeiramente é necessário verificar como o edifício é caracterizado e sua tipologia. Neste caso, o edifício tem uma atividade principal, de escritórios, que ocupa 54,43% da área útil da edificação. Além disso, a edificação possui ventilação natural, e então deve ser verificada a possibilidade de aplicação do método simplificado para a etiqueta da envoltória.

6.1 ILUMINAÇÃO

Para a análise do sistema de iluminação, o processo é similar ao considerado pelo RTQ-C, havendo a possibilidade de utilizar dois métodos: o método do edifício completo, voltado para edificações com até 3 atividades principais, desde que cada uma ocupe mais de 30% da área útil total da edificação, aplicando densidade de potência limite para as atividades principais; ou o método das atividades, que avalia a densidade de potência para cada um dos ambientes separadamente, associando um valor limite para cada uma das atividades principais e secundárias presentes.

Neste caso, é utilizado o método do edifício completo, para a atividade de escritórios, que ocupa 54,43% da área útil (de 1.986,984 m²), totalizando 1.081,596 m². Assim como no RTQ-C, este método agrupa as atividades secundárias e já considera o valor da densidade de potência na atividade principal, sendo aplicada para toda a área útil iluminada, de 1.986,98 m². Na próxima etapa, é determinada a densidade de potência de iluminação limite para a condição de referência, de acordo com a tabela B.III.2 da INI-C. Para edifícios de escritórios, este valor é de 14,1 W/m² para a classificação D, de forma que a potência máxima é de 28.016,48 W. Já para a classificação A, a densidade de potência de iluminação limite para o nível A é de 8,5 W/m², resultando em um limite máximo de 16.889,37 W para a potência de iluminação da edificação.

Posteriormente, é necessário determinar a potência total de iluminação da edificação real. O método prevê ajuste da potência por fatores corretores em três situações.

A primeira compreende as situações de ausência de projeto luminotécnico, onde a potência total deve ser multiplicada por 1,5, resultando na Potência de ambientes sem projeto (P_{ASP}).

A segunda, verifica a possibilidade de controle por meio de sensores, para a obtenção da potência de iluminação em uso (PI_U). Como apresentado anteriormente, não há sensores de desligamento automático no edifício.

A terceira compreende ambientes que possuem projeto luminotécnico, mas não possuem sensores de desligamento, onde são considerados os valores de potência instalada de iluminação (PI).

Como apresentado anteriormente, no Capítulo 5, Item 5.2, foi encontrado na edificação uma potência instalada total de 10.680 W. Assim, como não existem sistemas de controle automatizado e em todos os ambientes existe projeto luminotécnico, a potência total de iluminação da edificação real é igual à potência instalada, de 10.680 W.

A próxima etapa compreende a determinação do consumo de iluminação, para as edificações de referência e real. Para tal, deve ser levantado o período de ocupação, em horas por dia e dias por ano de uso, de acordo com valores apresentados no Anexo A da INI-C. Para edificações de escritórios, a ocupação é de 10 horas por dia durante 260 dias por ano, como disposto na tabela A.1 da INI-C. Estes valores foram confirmados para a edificação analisada, em levantamento de características prévios como apresentado no Capítulo 4 deste trabalho.

Assim, os consumos para a edificação real e para a edificação de referência, nos níveis A e D podem ser calculados, com resultados apresentados na Tabela 8 abaixo. Além disso, também pode ser calculada a porcentagem de redução do consumo de energia entre a classificação D de referência e a edificação real ($RedC_{IL}$) e o índice i para a obtenção dos limites mínimos e máximos de redução de consumo para a classificação, também apresentados na Tabela 8.

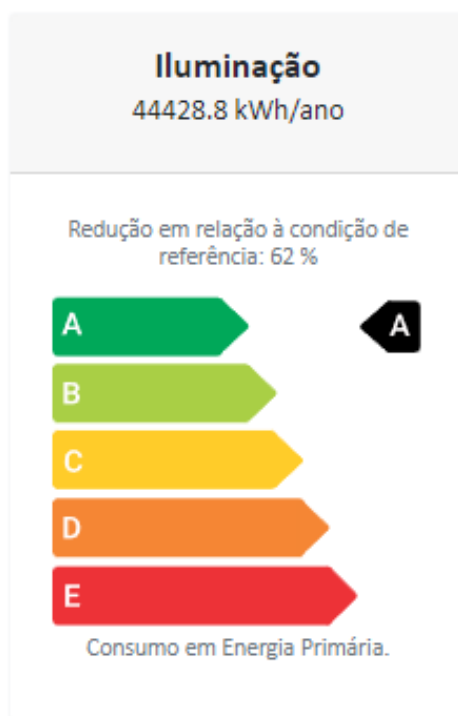
Tabela 8. Consumos de iluminação para as condições de referência e real.

Consumo de iluminação para condição de referência nível A ($C_{IL,Ref,A}$)	43.912,35 kWh/ano
Consumo de iluminação para condição de referência nível D ($C_{IL,Ref,D}$)	72.842,84 kWh/ano
Consumo de iluminação para condição real ($C_{IL,Real}$)	27.768 kWh/ano
Intervalo entre classes (i)	13,24%
Percentual de redução de consumo entre a condição de referência D e a condição real ($RedC_{IL}$)	61,88%

Fonte: autoria própria.

Portanto, pode ser determinado o nível de eficiência da iluminação. De acordo com a INI-C, como $RedC_{IL} > 3i$, o sistema tem classificação nível A segundo a INI-C, como mostrado na Figura 23 a seguir. Esta classificação coincide com a obtida no Capítulo 5, Item 5.1 deste trabalho, e é possível atribuir a grande redução de consumo de energia para o uso de lâmpadas mais eficientes, de LED.

Figura 23. Classificação do sistema de iluminação pela INI-C



Fonte: autoria própria.

6.2 ENVOLTÓRIA

Para a análise de envoltória por este método, é necessário caracterizar o edifício. Neste caso, o edifício apresenta ventilação híbrida, com áreas de permanência prolongada podendo ser ventiladas naturalmente ou com condicionamento artificial por aparelhos individuais. Com isso, é necessário verificar se a envoltória da edificação pode ser avaliada por este método, como apresentado no Capítulo 2, Item 2.3.2, deste trabalho. Assim, a tabela 9 apresenta os parâmetros analisados, bem como seus valores limites e valores encontrados na edificação.

Tabela 9. 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 (α_{cob})	0,20	0,80	0,46
Absortância solar da parede (α_{par})	0,20	0,80	0,35
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	45°	10°
Média de área das APPs	9 m ²	400 m ²	31,89 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	10 kJ/(m ² .K)	400 kJ/(m ² .K)	180,00 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	40 kJ/(m ² .K)	500 kJ/(m ² .K)	151,00 kJ/(m ² .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
Forma das aberturas para ventilação: razão entre a largura e a altura das aberturas para ventilação	0,1	50	2,0506
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 _{par})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)	2,39 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)	1,79 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U _{vid})	1 W/(m ² .K)	6 W/(m ² .K)	5,70 W/(m ² .K)
Tipologias permitidas	Escolas e escritórios		Escritórios

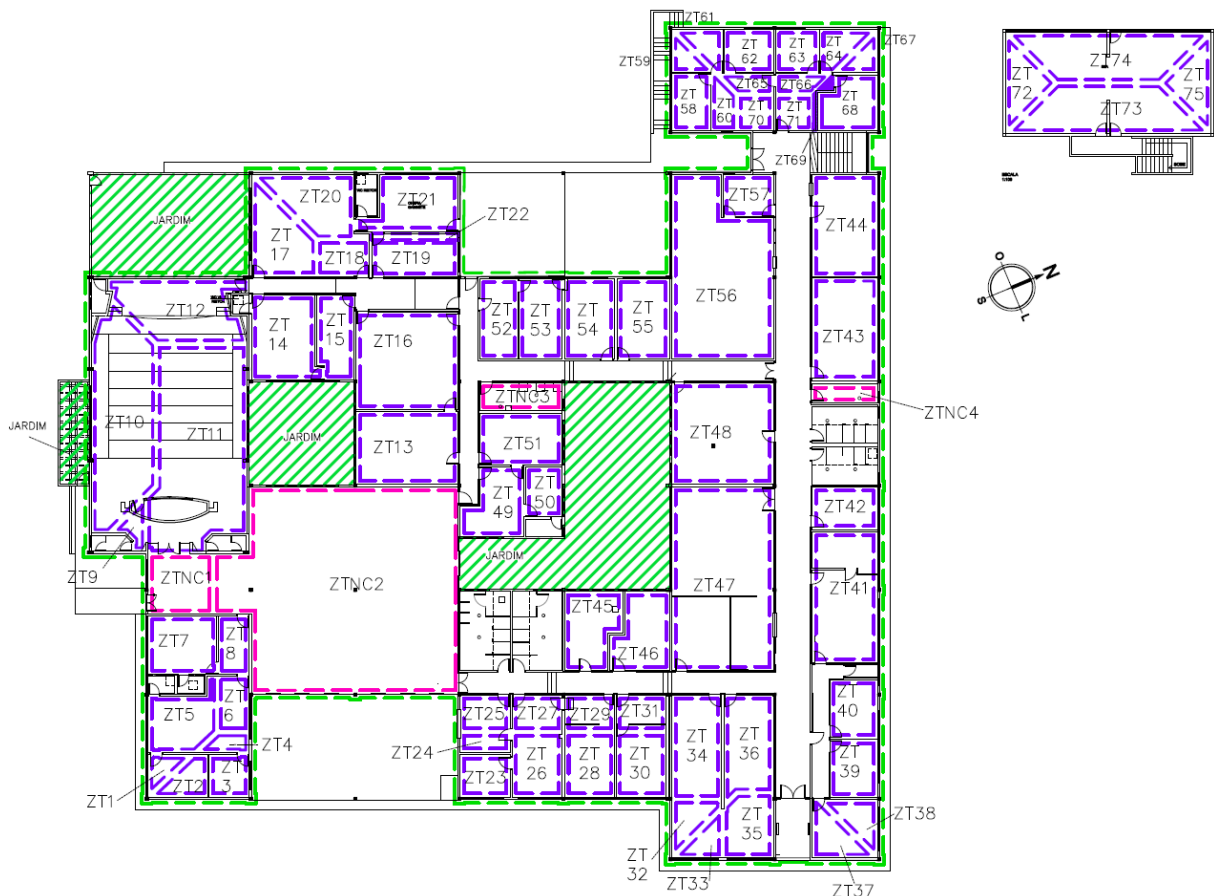
Fonte: autoria própria.

Dado que os valores de profundidade total e do fator solar do vidro extrapolam os limites previstos nas tabelas e que a geometria do edifício é irregular, não é possível analisar

a ventilação natural neste edifício pelo método simplificado e, portanto, não é possível calcular a porcentagem de horas ocupadas em conforto térmico pela plataforma Natural Comfort (PBE EDIFICA, 2023a). Logo, a análise da envoltória deve ser feita para a situação de edificação condicionada artificialmente.

Para a análise da envoltória, o edifício deve ser dividido em zonas térmicas, de acordo com a tipologia da edificação, tipo de condicionamento de ar, posição da zona (perimetral ou interna), orientação solar (para zonas térmicas perimetrais) e situação do pavimento. São excluídas as áreas de permanência transitória. A divisão feita para a edificação analisada é apresentada na Figura 24.

Figura 24. Divisão de zonas térmicas na edificação, com contorno em roxo.



Fonte: adaptado de SeGEF.

Feita a separação das zonas térmicas, são aplicados os parâmetros dos materiais e dimensionais para cada uma delas, como o percentual de abertura de fachada (PAF) para zonas térmicas perimetrais, sendo os dados gerais apresentados no item 7.1 deste trabalho. Além disso, é necessário informar a densidade de potência de iluminação das zonas térmicas, mesmo que este valor deva ser considerado de $14,1 \text{ W/m}^2$ para a situação real, segundo a INI-C. Além disso, a análise exige que a densidade de potência de equipamentos considerada para o cálculo seja de 15 W/m^2 , mesmo que este trabalho tenha realizado levantamento detalhado de potência de equipamentos.

Para se calcular as cargas térmicas real e de referência, em kWh/ano, é necessário informar o sistema de condicionamento de ar de cada uma das zonas térmicas. Neste edifício, todos os equipamentos possuem capacidade menor do que 60.000 BTU/h. Além disso, como alguns ambientes foram divididos em duas ou mais zonas térmicas, foi necessário ponderar a capacidade dos equipamentos nos ambientes para as zonas térmicas. Além disso, neste edifício se considerou o uso do coeficiente de performance (COP) dos aparelhos, e em ambientes com mais de um equipamento, o COP utilizado também foi ponderado.

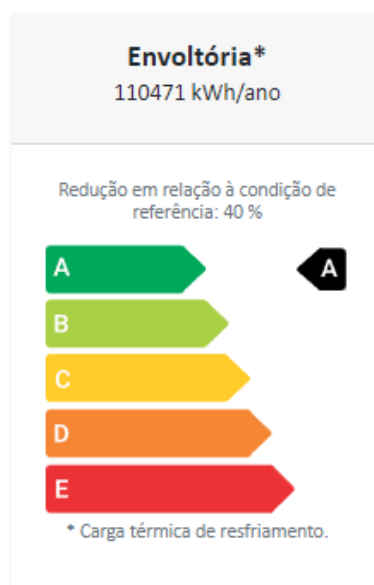
Os valores de pé-direito, percentual de abertura de fachada, ângulo vertical de sombreamento, ângulo horizontal de sombreamento e ângulo de obstrução vizinha da condição real são únicos para cada zona térmica. Como apresentado anteriormente, a edificação não apresenta aberturas zenitais. Assim, é possível calcular os consumos reais e de referência para a envoltória, com resultados apresentados na Tabela 10 a seguir. Nota-se que a classificação para o sistema é nível A, apresentada na Figura 25.

Tabela 10. Resultados da análise de envoltória para a INI-C

Consumo de referência de resfriamento no nível D ($C_{gTT_{Ref,D}}$)	184.162 kWh/ano
Consumo de resfriamento para condição real ($C_{gTT_{Real}}$)	110.471 kWh/ano
Percentual de redução de consumo entre a condição de referência D e a condição real ($RedC_{gTT}$)	40%
Classificação	A

Fonte: autoria própria.

Figura 25. Classificação da envoltória pela INI-C.



Fonte: autoria própria.

Para compreender como esse nível elevado de eficiência foi obtido, é necessário analisar quais são os principais pontos divergentes nas propriedades térmicas e geométricas das edificações real e de referência.

Em uma breve verificação para edificações de escritório, percebe-se que a edificação real possui um percentual bem menor de área de abertura de fachada total que a situação de referência, sendo 21,64% na condição real e 50% na condição de referência. Esta diferença deve impactar na transferência de calor, sendo que a edificação de referência deve possibilitar menor isolamento térmico, e então gasta mais energia para a refrigeração dos ambientes.

Outras diferenças notadas referem-se às propriedades térmicas da cobertura. A condição real apresenta menores valores de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância quando comparada à tipologia determinada para a condição de referência. Novamente, essas diferenças impactam na inércia térmica da edificação, aumentando o consumo energético para refrigeração na condição de referência.

Assim, de acordo com os resultados do sistema segundo a INI-C, é esperado que o edifício tenha boa interface térmica com o ambiente em que ela se localiza, tendo boa inércia térmica, de forma que o resfriamento do ambiente por aparelhos elétricos é mais eficiente.

6.3 AR-CONDICIONADO

Com a análise da envoltória, o sistema de ar-condicionado é calculado imediatamente com o preenchimento de dados para cada zona térmica. A plataforma web utiliza os dados de cargas térmicas da edificação geradas na etapa da envoltória e os combina com o coeficiente de eficiência energética informado para cada aparelho, e então calcula o consumo em energia primária pelo sistema de condicionamento de ar.

Para tal, foram utilizados os aparelhos com o coeficiente de performance (COP), como apresentados no item 7.3 deste trabalho. Porém, dado que só é possível aplicar um aparelho de ar-condicionado por zona térmica, e alguns ambientes foram divididos em mais de uma zona térmica, considerou-se o uso da capacidade de resfriamento e do coeficiente de performance de forma ponderada, de forma que a capacidade total de resfriamento do edifício e o índice de eficiência energética geral fossem mantidos. Ademais, o método exige que sejam informadas as potências de equipamentos de renovação de ar, como ventiladores, para cada uma das zonas térmicas. No edifício, não foram notados ventiladores nos ambientes condicionados artificialmente.

Também é necessário informar se os sistemas de condicionamento atingem individualmente a elegibilidade para a classificação nível A. Neste edifício, como apresentado no item 7.3, não foi identificado o isolamento mínimo exigido pelo RTQ-C, que é feito de forma similar à INI-C. Assim, apenas o não-atendimento deste requisito já é suficiente para o sistema de ar-condicionado não ser elegível para o nível A de eficiência.

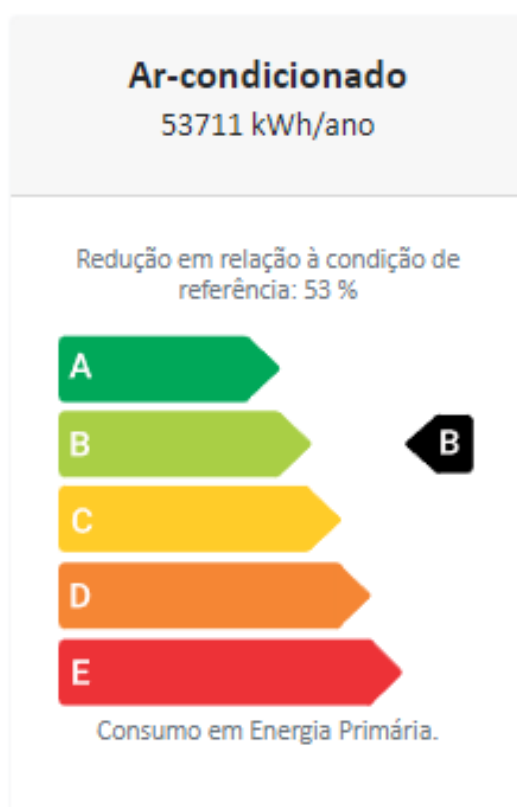
A Tabela 11 a seguir apresenta os resultados obtidos do sistema de ar-condicionado da edificação. A classificação B, apresentada na Figura 26, é obtida pela limitação dos requisitos para a classificação A.

Tabela 11. Resultados da análise do sistema de ar-condicionado para a INI-C

Capacidade total de resfriamento dos sistemas de condicionamento de ar	220,43 kW
Requisitos para a classificação A	NÃO ATENDE
Consumo de energia final na condição real	33.569,44 kWh/ano
Consumo de energia final na condição referência do nível D	70.831,54 kWh/ano
Redução de consumo de energia	62%
Classificação	B

Fonte: autoria própria.

Figura 26. Classificação do sistema de ar-condicionado pela INI-C



Fonte: autoria própria.

Neste sistema, são analisados principalmente o coeficiente de performance (COP) dos aparelhos utilizados e sua interação com as zonas térmicas. A condição de referência considera o uso de aparelhos com COP de 2,60 W/W. Já os aparelhos encontrados na edificação real possuem COP médio de 3,10 W/W. Assim, os aparelhos da condição real são muito mais eficientes no resfriamento que o determinado para a condição de referência.

Além disso, o bom resultado obtido na classificação da envoltória também contribui para um bom resultado no consumo de energia do sistema de ar-condicionado.

Por fim, dado o não atendimento do requisito de isolamento de tubulações, é possível determinar que os aparelhos de baixa eficiência e a falta de isolamento térmico de tubulações de condicionamento de ar são os principais problemas relacionados ao consumo de energia do sistema analisado.

6.4 ETIQUETA GERAL

Por fim, é possível obter a etiqueta geral da edificação, considerando a redução do consumo de energia em relação à condição de referência considerando a combinação dos sistemas. É possível também aplicar o aquecimento de água e a geração de energia local, porém nenhum destes sistemas se aplicam ao edifício estudado.

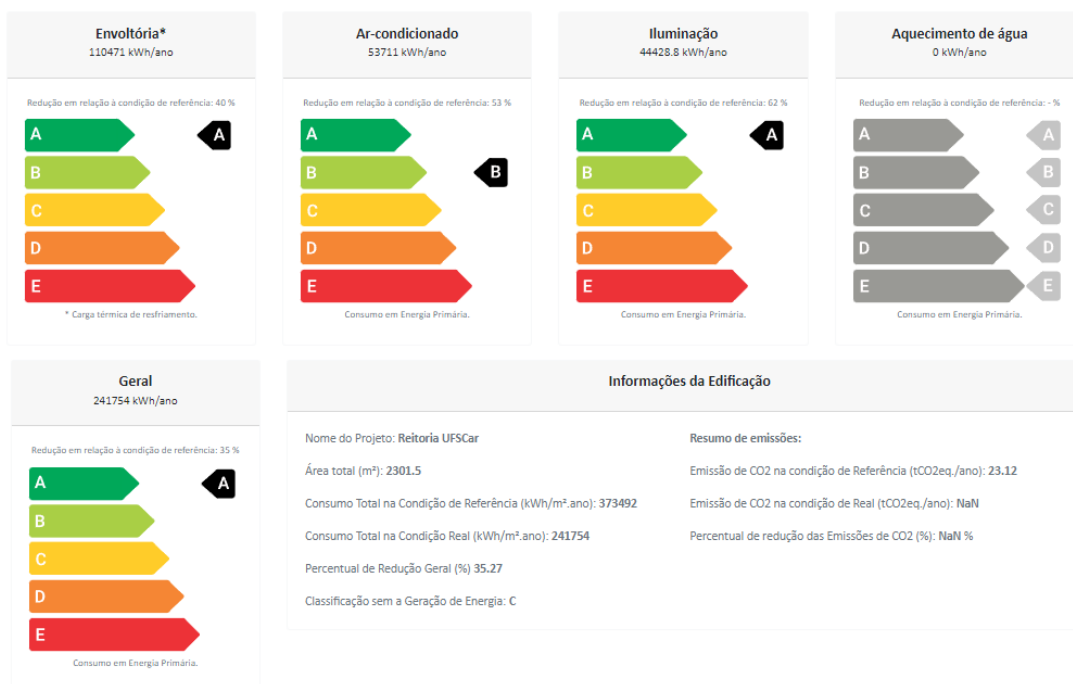
Para a edificação analisada, o resultado obtido é uma redução no consumo de energia primária total de 35,27%, que resulta em uma classificação A, como apresentado na Tabela 12 e na Figura 27 a seguir.

Tabela 12. Resultados da análise geral para a INI-C

Nome da edificação	Reitoria UFSCar
Área total construída	2301,5 m ²
Cidade	São Carlos
Estado	SP
Zona Bioclimática	04
Tipologia predominante	Escritórios
Consumo por m ² na edificação referência	162 kWh/m ² .ano
Consumo por m ² na edificação real	105 kWh/m ² .ano
Consumo na edificação referência	373.492 kWh/ano
Consumo na edificação real	241.754 kWh/ano
Percentual de redução geral	35,27%

Fonte: autoria própria.

Figura 27. Classificação geral segundo a INI-C



Fonte: autoria própria.

Nota-se que a redução mais expressiva do consumo de energia primária em números absolutos vem da envoltória, sendo este o sistema onde houve a maior diferença no resultado parcial entre os métodos aplicados. Novamente, a inércia térmica da edificação, o uso de lâmpadas LED e de equipamentos com boa eficiência são os principais responsáveis pela redução do consumo total obtido e pelo bom resultado da edificação.

7 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Após a utilização dos dois métodos apresentados para a análise da eficiência energética do edifício, é possível comparar seus resultados, entre cada um dos sistemas analisados e em relação à etiqueta geral. Um resumo dos resultados é apresentado na Tabela a seguir.

Tabela 13. Resumo de Resultados obtidos para os métodos aplicados.

Sistema avaliado	Método Prescritivo – RTQ-C	Método Simplificado – INI-C
Envoltória	C	A
Iluminação	A	A
Ar condicionado	B	B
Etiqueta Geral	B	A

Fonte: autoria própria.

Para a envoltória, é verificada grande diferença entre os resultados da INI-C e do RTQ-C, onde a INI-C apresenta um resultado de eficiência energética da edificação consideravelmente maior, resultando em nível A, em contraste ao nível C obtido no RTQ-C.

Além disso, no método simplificado, como a classificação é dada pelo percentual de redução de carga térmica, não há limites de pré-requisitos específicos, como o que limita a classificação do sistema ao nível C no método prescritivo. É necessário considerar que as zonas de permanência transitória não são condicionadas e, portanto, não são consideradas na análise da INI-C. O edifício não apresenta áreas permanentemente ocupadas sem condicionamento.

Já no sistema de iluminação, em ambos os métodos foi obtido nível A de eficiência energética, com a comparação do consumo de energia teórico feito calculado baseado na potência instalada. Porém, vale ressaltar que no método da INI-C, podem ser aplicados coeficientes no cálculo da potência de iluminação em uso, que pode aumentar ou diminuir o consumo final em outras edificações. Ademais, como a etiqueta geral é calculada pela redução percentual do consumo de energia, a iluminação contribuiu com o resultado final.

Por sua vez, no sistema de condicionamento de ar, foi obtida classificação nível B em ambos os métodos. Porém, na INI-C, esta classificação é obtida por conta do não atendimento dos pré-requisitos específicos, já que, pelo percentual de redução de consumo de energia, seria possível classificar o sistema com nível A. Ademais, o resultado do sistema de condicionamento de ar é diretamente dependente do resultado obtido na envoltória, sendo um importante fator para a determinação do percentual de redução de consumo em relação à referência, bastante considerável no caso estudado.

Por fim, em relação a etiqueta geral foram obtidas diferenças consideráveis, já que as classificações obtidas foram B no RTQ-C e A na INI-C. O resultado geral obtido na INI-C é

melhor que o apresentado pelo método prescritivo do RTQ-C. É importante considerar que o RTQ-C calcula a etiqueta geral a partir de uma média ponderada do equivalente numérico calculado para os sistemas individuais, e possibilita a aplicação de bonificações. A INI-C, por sua vez, calcula a etiqueta geral pelo percentual de redução de consumo total obtido em relação à condição de referência.

Dessa forma, os sistemas individuais contribuem de forma mais representativa ao resultado final, e neste caso houve grande participação da envoltória para o aumento do nível de eficiência da edificação, e do sistema de condicionamento de ar, que mesmo sem aumento do nível de eficiência do sistema, ainda obteve um resultado bom em termos de redução de consumo de energia.

8 SUGESTÕES PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Como visto ao longo do estudo e apresentado neste trabalho, os principais pontos que afetam a classificação de eficiência energética de uma edificação são: potência em uso no sistema de iluminação; propriedades térmicas da envoltória; capacidade térmica e eficiência do sistema de condicionamento de ar.

Para a iluminação, como apresentado anteriormente, os resultados obtidos já são muito bons em ambos os métodos. Porém, ainda é possível melhorar os resultados obtidos, principalmente na INI-C, com a instalação de sistema de desligamento automático das luminárias, que reduzem a potência de iluminação em uso em 20% nas áreas que contam com controle automático, e conseqüentemente reduzem o consumo do sistema.

Já para o sistema da envoltória, as medidas são mais complexas e difíceis de serem implementadas. Porém, podem ser previstas medidas mais pontuais e de mais fácil execução, como a instalação de brises nas janelas, principalmente nas aberturas da fachada oeste da edificação, que aumentam os ângulos de sombreamento, reduzindo a exposição ao sol e a transferência de calor por meio das aberturas. Também é possível aumentar o ângulo de obstrução vizinha, com outras construções próximas a edificação, que reduzem a exposição da edificação estudada ao sol.

E, como visto anteriormente no Capítulo 5, Item 5.1 e também no Capítulo 6, Item 6.2, outro fator que tem grande influência na edificação é a inércia térmica da cobertura, que pode ser aumentada substituindo o sistema escolhido. Podem ser usadas, por exemplo telhas metálicas compostas com poliestireno de 4 cm, que abaixam a transmitância térmica da cobertura, e aumenta a inércia térmica da envoltória, garantindo um melhor resultado para este sistema.

Por fim, para o sistema de ar-condicionado, as medidas propostas envolvem isolamento térmico das tubulações do sistema, que estão limitando a classificação energética do sistema na INI-C. Além disso, dado que 49% dos aparelhos apresentam classificação de eficiência energética menor que o nível A, pode ser realizada a troca de equipamentos antigos e pouco eficientes por equipamentos com melhores coeficiente de performance, como apresentado nas tabelas do Inmetro. O uso de equipamentos mais eficientes diminuirá o consumo deste sistema, sendo influente também na classificação geral da INI-C.

9 CONCLUSÕES

A adoção de medidas de sustentabilidade em projetos de edificações é cada vez mais necessária, como apresentado neste trabalho, dado que o setor da construção civil e as edificações são grandes responsáveis pelos impactos ao meio ambiente e ao uso de recursos disponíveis. Este impacto fica ainda mais claro quando analisado o uso total de energia por edificações residenciais e de serviço. Para tais medidas, a avaliação deste consumo ainda em etapas de projeto é essencial para a redução de custos e realização de melhores decisões de projeto.

Em meio as avaliações apresentadas, este trabalho tratou da ENCE, que é uma grande ferramenta para a análise de eficiência energética das edificações, além de ser desenvolvida baseada no cenário nacional de construções de edificações de serviços. A obrigatoriedade da obtenção de classificação nível A para novas edificações e o estudo da obrigatoriedade para edificações já construídas são pontos positivos para as medidas de eficiência energética. Além disso, a substituição do RTQ-C pela INI-C para análise de edificações comerciais mostrou-se adequada, como apresentado pelos estudos aqui revisados.

A adoção da INI-C implica o uso de uma análise muito mais robusta e completa, considerando mais fatores, possibilitando maior exatidão na classificação obtida. Além disso, a obtenção do resultado como consumo de energia dos sistemas analisados e a comparação da situação real com uma de referência representam fatores mais palpáveis e melhor ponderados do que uma classificação por equivalente numérico, como obtido pelo RTQ-C. Porém, a acurácia e exatidão da análise depende se os parâmetros de referência podem ser considerados representativos para cada uma das tipologias da forma definida pela INI-C.

Ademais, a aplicação dos métodos em uma edificação construída foi realizada de maneira bastante satisfatória, baseada em levantamentos de dados in loco e consulta de documentos de projeto. Os resultados obtidos entre os métodos são compatíveis, com a maior diferença sendo obtida na análise da envoltória, de nível C no RTQ-C, para nível A na classificação da INI-C. Tal melhoria pode ser entendida pela limitação de requisitos presentes no método prescritivo do RTQ-C, bem como por diferenças entre as condições de referência e real da INI-C.

Para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar, ambos os métodos obtiveram os mesmos resultados de classificação, sendo nível A e nível B, respectivamente. Na iluminação, nota-se que a edificação apresenta como ponto positivo o uso de lâmpadas eficientes, de LED, em toda sua área. Já para o sistema de condicionamento de ar, deve ser considerada a troca dos equipamentos mais antigos e ineficientes por equipamentos com

classificação A, e também deve ser estudada a aplicação de isolamento térmico nas tubulações de ar, sendo este o fator que limitou a classificação do sistema ao nível B.

Por fim, na etiqueta geral também foi notada diferença na classificação obtida, sendo obtida a classificação B para o método do RTQ-C, e nível A para o método da INI-C. Assim, mesmo em uma análise mais completa, é obtido um nível de eficiência melhor para a edificação, considerando uma redução de 35% do gasto de energia calculado em relação a situação de referência. Dessa forma, a Reitoria estaria dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira vigente.

Também é necessário o destaque às limitações do método. No caso, a ventilação natural da edificação não foi considerada por que a edificação não se enquadrava nos limites definidos pela INI-C para análise pelo método simplificado do percentual de horas em conforto térmico. Além disso, a irregularidade da geometria da edificação dificulta a divisão de zonas térmicas e a aplicação dos dados necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Chrystyane 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. Acesso em 15/01/2023.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **A brief history of the ASHRAE Handbook**. 2023. Disponível em: <https://www.ashrae.org/about/mission-and-vision/ashrae-industry-history/a-brief-history-of-the-ashrae-handbook>. Acesso em 31 jan. 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.

AQUA-HQE. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/>. Acesso em 13 jul. 2023.

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. Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019. 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 dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Brasília, 2019.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências. Brasília, 2001.

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 50, de 01 de fevereiro de 2013. Aprova o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações. Brasília, 2013.

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.

BRASIL. Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010. Aprova a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Brasília, 2010.

CEMIG. **Manual de Distribuição – ND 5.1 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea**. Belo Horizonte. 2022. Disponível em:

https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/nd5_1_000001p.pdf. Acesso em: 30 de junho de 2023.

COMPONENTES construtivos. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/>. Acesso em 9 de julho de 2023.

CORREIA, Paulo. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil**: pesquisa na classe comercial - alta tensão. Rio de Janeiro: ECOLUZ, 2007. Color.

COSTA, Lucas Martinez da; ALVAREZ, Cristina Engel de; MARTINO, Jarryer Andrade de. Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 409-433, abr./jun. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200533>.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Biblioteca de absortância de telhas: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios**. São Carlos: IAU/USP, 2021. Disponível em: www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/571. Acesso em 9 julho. 2023.

EDIFICAÇÕES etiquetadas. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/comercial>. Acesso em: 20 fev. 2023.

Eletrobrás/PROCEL Edifica, INMETRO e CB3E/UFSC, **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Capacitação sobre Eficiência Energética e Economia de Energia no Poder Público. São Paulo, 2022.

GBC BRASIL. **Green Building Council Brasil**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

Grupo Técnico para Eficientização de Energia em Edificações. **Plano de Trabalho 2021 - 2023**. Brasília, 2021.

INIS: Portaria consolidada. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>. Acesso em: 10 fev. 2023.

INMETRO. **Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas 2022-09-12.xlsx**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/edificacoes/01-edificacoes_comerciais_de_servicos_e_publicas.xlsx/view. Acesso em: 20 fev. 2023.

LABEEE. **Arquivos climáticos INMET 2016**. c2024. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>. Acesso em: 18 jan. 2024.

LABEEE. **WebPrescritivo**. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 17 jun. 2023.

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

MITSIDI. Panorama da legislação referente à eficiência energética e sustentabilidade dos prédios públicos da Administração Pública Federal. São Paulo, 2020.

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.

O QUE é a CICE? Disponível em: <https://www.ibilce.unesp.br/#!/cice/o-que-e-a-cice/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

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>.

PIMENTEL, Breno Pontes *et al.*. Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 179-200, out. 2021. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000400565>.

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

PROCEL EDIFICA. Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em 18 jan. 2023.

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

SELO Procel Edificações. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={334C4CBF-08EC-4292-BD69-11BF09D67C57}>. Acesso em 20 fev. 2023.

SOARES, Mariáh Pereira Soares Pessanha; PEIXOTO, Lanna Germano; RODRIGUES, Rílden Gomes; MOREIRA, Marcos Antônio Cruz; QUINTO JUNIOR, Luiz Pinedo; OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de. Uma revisão bibliográfica de medidas de eficiência energética em edifícios. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 32-47, 2021. Essentia Editora. <http://dx.doi.org/10.19180/2177-4560.v15n22021p32-47>.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho *et al.*. **Eficiência Energética: fundamentos e aplicações**. Campinas: Elektro, 2012.

WONG, Ing Liang; KRÜGER, Eduardo. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, [S.L.], v. 109, p. 310-323, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.005>.

APÊNDICE A – Informações e Dados de entrada da Interface INI-C

Tabela 14. Dados gerais de entrada.

DADOS GERAIS	
Nome da Edificação:	Reitoria UFSCar
Etapa:	Ed. Construída
UF:	SP
Cidade:	São Carlos
Tipo de sistema de geração de eletricidade	Sistema Interligado Nacional
Zona Bioclimática:	4
Área construída (m²):	2301,5
Tipologia predominante:	Escritórios
Fator de Forma (m²/m³):	0,497
Levantamento de Potência instalada de Equipamentos?	Sim
DPE Referência (W/m²):	15
DPE Levantado (W/m²):	29
DPE Adotado (W/m²):	29

Fonte: autoria própria.

Tabela 15. Dados de entrada resumidos para a envoltória.

Condição da Zona térmica no pavimento	Zona Térmica	Área	Pé-direito [m]	Tipo de Zona Térmica	Orientação	Relação com Zonas térmicas adjacentes	Uso	Percentual de abertura da Fachada [%]	É a Fachada Principal ?	Ângulo Vertical de Sombreamento (°)	Ângulo Horizontal de Sombreamento (°)	Ângulo de Obstrução Vizinha (°)	DPI (W/m ²)	DPE (W/m ²)	Carga térmica de resfriamento referência (kWh/ano)	Carga térmica de resfriamento real (kWh/ano)
Térreo (único pvto)	ZT1	4,621	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	50,14	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	905	560,00
Térreo (único pvto)	ZT2	7,526	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	756	402,00
Térreo (único pvto)	ZT3	8,199	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	16,91	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	2.065	735,00
Térreo (único pvto)	ZT4	4,297	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	14,03	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	1.179	390,00
Térreo (único pvto)	ZT5	18,83	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	48,91	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.137	1.989,00
Térreo (único pvto)	ZT6	8,508	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	855,00	503,00
Térreo (único pvto)	ZT7	19,04	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	48,33	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.167,00	2.000,00
Térreo (único pvto)	ZT8	8,68	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	872,00	514,00
Térreo (único pvto)	ZT9	4,498	3,8	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	437,00	229,00
Térreo (único pvto)	ZT10	60,63	3,8	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	6.269,00	3.268,00
Térreo (único pvto)	ZT11	90,24	3,8	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	9.362,00	5.797,00

Térreo (único pvto)	ZT12	35,49 9	3,8	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.497,00	1.891,00
Térreo (único pvto)	ZT13	35,42 63	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.749,00	2.302,00
Térreo (único pvto)	ZT14	26,45 25	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.766,00	1.684,00
Térreo (único pvto)	ZT15	14,62 47	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.495,00	894,00
Térreo (único pvto)	ZT16	47,51 98	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	50.914,00	3.153,00
Térreo (único pvto)	ZT17	21,6	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	85,71	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.541,00	2.801,00
Térreo (único pvto)	ZT18	9,307 5	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	938,00	553,00
Térreo (único pvto)	ZT19	15,60 97	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.600,00	958,00
Térreo (único pvto)	ZT20	22,15 33	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.263,00	1.235,00
Térreo (único pvto)	ZT21	23,01 7	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	26,67	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	4.392,00	2.101,00
Térreo (único pvto)	ZT22	2,449 8	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	51,69	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	611,00	384,00
Térreo (único pvto)	ZT23	10,07 88	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	23,61	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	2.456,00	1.014,00
Térreo (único pvto)	ZT24	4,83	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	25,38	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	1.308,00	547,00
Térreo (único pvto)	ZT25	8,797 5	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	952,00	521,00

Térreo (único pvto)	ZT26	15,52 5	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	43,60	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	3.523,00	2.075,00
Térreo (único pvto)	ZT27	8,797 5	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	885,00	521,00
Térreo (único pvto)	ZT28	15,31 12	3,49	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	41,44	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	3.580,00	2.024,00
Térreo (único pvto)	ZT29	8,675 4	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	832,00	486,00
Térreo (único pvto)	ZT30	15,43 97	3,49	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	55,26	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	3.605,00	2.426,00
Térreo (único pvto)	ZT31	8,746 5	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	839,00	491,00
Térreo (único pvto)	ZT32	7,997 3	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	825,00	424,00
Térreo (único pvto)	ZT33	6,128 9	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	42,97	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	1.610,00	908,00
Térreo (único pvto)	ZT34	24,57	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.562,00	1.556,00
Térreo (único pvto)	ZT35	15,34 07	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	42,97	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	3.488,00	2.036,00
Térreo (único pvto)	ZT36	23,57 97	3	Interna	NE	Zona adjacente não-condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.455,00	1.489,00
Térreo (único pvto)	ZT37	10,04 46	3	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Sim	7,59	6,34	10	14,1	15	1.011,00	539,00
Térreo (único pvto)	ZT38	8,131 7	3	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada	Escritórios	37,3	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.042,00	1.096,00
Térreo (único pvto)	ZT39	13,09 63	3	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada	Escritórios	37,51	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.054,00	1.680,00

Térreo (único pvto)	ZT40	13,39 07	3	Perimetral	N	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	36,68	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.111,00	1.694,00
Térreo (único pvto)	ZT41	40,72 5	3	Perimetral	N	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	49,86	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	8.093,00	5.316,00
Térreo (único pvto)	ZT42	13,27 5	3	Perimetral	N	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	50,99	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	3.089,00	1.989,00
Térreo (único pvto)	ZT43	32,05 25	3	Perimetral	N	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	49,29	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	6.544,00	4.268,00
Térreo (único pvto)	ZT44	31,81 5	3	Perimetral	N	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	49,64	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	6.501,00	4.253,00
Térreo (único pvto)	ZT45	19,24 68	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.903,00	1.137,00
Térreo (único pvto)	ZT46	19,48 59	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.928,00	1.152,00
Térreo (único pvto)	ZT47	89,04 19	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	9.809,00	6.167,00
Térreo (único pvto)	ZT48	49,17 5	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	5.276,00	3.271,00
Térreo (único pvto)	ZT49	17,32 12	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.782,00	1.071,00
Térreo (único pvto)	ZT50	8,711 2	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	876,00	516,00

Térreo (único pvto)	ZT51	20,37 75	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	2.109,00	1.274,00
Térreo (único pvto)	ZT52	14,81 85	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.516,00	906,00
Térreo (único pvto)	ZT53	16,65	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.710,00	1.026,00
Térreo (único pvto)	ZT54	19,31 4	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.910,00	1.141,00
Térreo (único pvto)	ZT55	20,11 88	3,49	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.993,00	1.192,00
Térreo (único pvto)	ZT56	78,79 92	3	Interna	NE	Zona adjacente não- condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	8.633,00	5.413,00
Térreo (único pvto)	ZT57	10,20 18	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	7,59	6,34	10	14,1	15	1.031,00	610,00
Cobertura	ZT58	10,54 03	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	34,97	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	1.691,00	863,00
Cobertura	ZT59	4,5	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	34,71	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	792,00	381,00
Cobertura	ZT60	6,125	3	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	488,00	345,00
Cobertura	ZT61	6,075	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	475,00	367,00
Cobertura	ZT62	10,32	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	19,93	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	2.029,00	861,00
Cobertura	ZT63	9,05	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	22,78	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	1.813,00	783,00

Cobertura	ZT64	7,44	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	583,00	452,00
Cobertura	ZT65	4,8	3	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	405,00	304,00
Cobertura	ZT67	4,5	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	34,71	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	982,00	447,00
Cobertura	ZT68	14,37	3	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada	Escritórios	34,97	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	3.070,00	1.421,00
Cobertura	ZT70	6,312	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	526,00	413,00
Térreo (com + pvtos acima)	ZT72	12,25	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	708,00	776,00
Térreo (com + pvtos acima)	ZT73	37,45	3	Interna	NE	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	2.323,00	2.539,00
Térreo (com + pvtos acima)	ZT74	37,45	3	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada	Escritórios	21,18	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	5.765,00	3.148,00
Térreo (com + pvtos acima)	ZT75	12,25	3	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada	Escritórios	0	Não	54,7	6,34	10	14,1	15	791,00	799,00

Tabela 16. Dados de entrada para o sistema de condicionamento de ar.

Declaração ou Projeto	Zona Térmica	Área condicionada (m ²)	Carga térmica (kWh/ano)	Equipamento de Ar-Condicionado	Tipo de Sistema	Capacidade unitária de Resfriamento (kW)	Tipo de Coeficiente	Potência Total dos equipamentos de Renovação de ar (W)	Capacidade igual ou inferior a 17,6 kW	
									Índice	Índice x Potência
Declaração	ZT1	4,621	560,00	ZT1	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,00	COP	0	3,26	3,47
Declaração	ZT2	7,5268	402,00	ZT2	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,63	COP	0	3,26	5,65
Declaração	ZT3	8,199	735,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT4	4,2974	390,00	ZT4	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,36	COP	0	3,26	1,24
Declaração	ZT5	18,833	1.989,00	ZT5	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,57	COP	0	3,26	5,43
Declaração	ZT6	8,5083	503,00	ZT6	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,71	COP	0	3,26	2,45
Declaração	ZT7	19,0425	2.000,00	ZT7	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,81	COP	0	3,26	6,27
Declaração	ZT8	8,68	514,00	ZT8	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,83	COP	0	3,26	2,86
Declaração	ZT9	4,4978	229,00	ZT9	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,66	COP	0	3,03	2,13
Declaração	ZT10	60,6339	3.268,00	ZT10	Baixa capacidade (até 17.6kW)	8,93	COP	0	3,03	28,74
Declaração	ZT11	90,2481	5.797,00	ZT11	Baixa capacidade (até 17.6kW)	13,29	COP	0	3,03	42,78
Declaração	ZT12	35,499	1.891,00	ZT12	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,23	COP	0	3,03	16,83
Declaração	ZT13	35,4263	2.302,00	ELECTROLUX 24000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,81	10,49
Declaração	ZT14	26,4525	1.684,00	AGRATTO 18000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,27	COP	0	3,24	18,14

Declaração	ZT15	14,6247	894,00	SPRINGER JANELA	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,6	9,71
Declaração	ZT16	47,5198	3.153,00	ELECTROLUX 24000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,81	10,49
Declaração	ZT17	21,6	2.801,00	ZT17	Baixa capacidade (até 17.6kW)	4,29	COP	0	2,95	13,45
Declaração	ZT18	9,3075	553,00	ZT18	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,85	COP	0	2,95	5,80
Declaração	ZT19	15,6097	958,00	ZT19	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,04	COP	0	2,95	9,52
Declaração	ZT20	22,1533	1.235,00	ZT20	Baixa capacidade (até 17.6kW)	4,40	COP	0	2,95	13,79
Declaração	ZT21	23,017	2.101,00	LG 18000 1	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,27	COP	0	2,95	16,52
Declaração	ZT22	2,4498	384,00	ZT22	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,48	COP	0	2,95	1,49
Declaração	ZT23	10,0788	1.014,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT24	4,83	547,00	ZT24	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,93	COP	0	3,05	3,03
Declaração	ZT25	8,7975	521,00	ZT25	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,70	COP	0	3,05	5,51
Declaração	ZT26	15,525	2.075,00	ZT26	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,68	COP	0	3,26	5,83
Declaração	ZT27	8,7975	521,00	ZT27	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,95	COP	0	3,26	3,30
Declaração	ZT28	15,3112	2.024,00	ZT28	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,68	COP	0	3,26	5,83
Declaração	ZT29	8,6754	486,00	ZT29	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,95	COP	0	3,26	3,30
Declaração	ZT30	15,4397	2.426,00	ZT30	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,68	COP	0	3,26	5,83
Declaração	ZT31	8,7465	491,00	ZT31	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,95	COP	0	3,26	3,30
Declaração	ZT32	7,9973	424,00	ZT32	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,55	COP	0	3,26	1,89
Declaração	ZT33	6,1289	908,00	ZT33	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,42	COP	0	3,26	1,45

Declaração	ZT34	24,57	1.556,00	ZT34	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,67	COP	0	3,26	5,80
Declaração	ZT35	15,3407	2.036,00	ZT35	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,04	COP	0	3,26	3,60
Declaração	ZT36	23,5797	1.489,00	ZT36	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,60	COP	0	3,26	5,53
Declaração	ZT37	10,0446	539,00	ZT37	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,46	COP	0	3,26	5,04
Declaração	ZT38	8,1317	1.096,00	ZT38	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,18	COP	0	3,26	4,08
Declaração	ZT39	13,0963	1.680,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT40	13,3907	1.694,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT41	40,725	5.316,00	ELGIN 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	3,26	12,17
Declaração	ZT42	13,275	1.989,00	ELECTROLUX 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,81	10,49
Declaração	ZT43	32,0525	4.268,00	ZT43	Baixa capacidade (até 17.6kW)	7,03	COP	0	2,81	20,98
Declaração	ZT44	31,815	4.253,00	ZT44	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,27	COP	0	2,64	14,78
Declaração	ZT45	19,2468	1.137,00	MIDEA 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	2,6	7,28
Declaração	ZT46	19,4859	1.152,00	ELECTROLUX 18000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,27	COP	0	2,81	15,73
Declaração	ZT47	89,0419	6.167,00	ZT47	Baixa capacidade (até 17.6kW)	14,06	COP	0	3,1625	47,22
Declaração	ZT48	49,175	3.271,00	ZT48	Baixa capacidade (até 17.6kW)	7,91	COP	0	2,6	21,84
Declaração	ZT49	17,3212	1.071,00	SAMSUNG 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,13
Declaração	ZT50	8,7112	516,00	SAMSUNG 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,13
Declaração	ZT51	20,3775	1.274,00	ELECTROLUX 18000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	5,27	COP	0	2,81	15,73
Declaração	ZT52	14,8185	906,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14

Declaração	ZT53	16,65	1.026,00	SPRINGER 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,81	10,49
Declaração	ZT54	19,314	1.141,00	ELECTROLUX 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,81	10,49
Declaração	ZT55	20,1188	1.192,00	KOMECO 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	2,92	10,90
Declaração	ZT56	78,7992	5.413,00	ZT56	Baixa capacidade (até 17.6kW)	10,54	COP	0	3,26	36,50
Declaração	ZT57	10,2018	610,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT58	10,5403	863,00	ELGIN 12000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	3,51	COP	0	3,26	12,17
Declaração	ZT59	4,5	381,00	ZT59	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,50	COP	0	3,26	5,18
Declaração	ZT60	6,125	345,00	ZT60	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,87	COP	0	3,25	6,46
Declaração	ZT61	6,075	367,00	ZT61	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,02	COP	0	3,26	6,99
Declaração	ZT62	10,32	861,00	ELGIN 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	3,26	9,14
Declaração	ZT63	9,05	783,00	SPRINGER 7500	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,20	COP	0	2,81	6,56
Declaração	ZT64	7,44	452,00	ZT64	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,64	COP	0	2,81	4,90
Declaração	ZT65	4,8	304,00	ZT65	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,47	COP	0	3,25	5,07
Declaração	ZT67	4,5	447,00	ZT67	Baixa capacidade (até 17.6kW)	0,99	COP	0	2,81	2,97
Declaração	ZT68	14,37	1.421,00	SPRINGER 9000	Baixa capacidade (até 17.6kW)	2,64	COP	0	2,81	7,87
Declaração	ZT70	6,312	413,00	ZT70	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,93	COP	0	3,25	6,66
Declaração	ZT72	12,25	776,00	ZT72	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,44	COP	0	3,2785	5,03
Declaração	ZT73	37,45	2.539,00	ZT73	Baixa capacidade (até 17.6kW)	4,41	COP	0	3,2785	15,37
Declaração	ZT74	37,45	3.148,00	ZT74	Baixa capacidade (até 17.6kW)	4,41	COP	0	3,2785	15,37

Declaração	ZT75	12,25	799,00	ZT75	Baixa capacidade (até 17.6kW)	1,44	COP	0	3,2785	5,03
------------	------	-------	--------	------	----------------------------------	------	-----	---	--------	------

Fonte: autoria própria.

Tabela 17. Dados de entrada para sistema de iluminação.

Parcela Avaliada	Função 1	
Área iluminada (m ²)	1.987,0	
Função	Escritório	
Horas de Ocupação	10,0	
Número de dias	260,0	
Densidade de Potência de Iluminação Limite para D (DPI ref) [W/m ²]	14,1	
Densidade de Potência de Iluminação Limite para A [W/m ²]	8,5	
Potência de Iluminação em uso [W]	10.680,0	
Potência de Iluminação sem controle automatizado [W]	-	
Potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico [W]	-	
Fator de ajuste de potência (FAP)	1,0	
Potência de Iluminação Total Real (PITreal) [W]	10.680,0	
Densidade de Potência de Iluminação Real (DPI real) [W/m ²]	5,4	
Iluminação Natural (simulação)	-	
Requisitos Classe "A"	Integração com Iluminação Natural (%)	Sim
	Contribuição da luz natural	Sim
	Controle Local	Sim
	Desligamento Automático	Não se aplica
Consumo (kWh/ano)	Referência	72.842,7
	Real	27.768,0
Escala	Consumo de iluminação limite classe D [W]	72.842,7
	Consumo de iluminação limite classe A [W]	43.912,3

Fonte: autoria própria.

Tabela 18. Dados de entrada dos componentes construtivos da edificação.

COMPONENTES CONSTRUTIVOS			
Paredes Externas			
Nome	U (W/m ² k)	CT (kJ/m ² K)	Absortância
TIPO EXT	2,39	151	0,35
Paredes internas			
Nome	U (W/m ² k)	CT (kJ/m ² K)	
TIPO INT	2,39	151	
Coberturas			
Nome	U (W/m ² k)	CT (kJ/m ² K)	Absortância
TIPO COB	1,79	180	0,46
Piso			
Nome	U (W/m ² k)	CT (kJ/m ² K)	
Piso Ref.	3,33	220	
Vidro Janelas			
Nome	U (W/m ² k)	Fator Solar	
6 mm	5,7	0,87	

Fonte: autoria própria.

ANEXO A – EDIFICAÇÕES ETIQUETADAS ATÉ 2022

Quadro 2. Edificações públicas etiquetadas até 2022.

Edificação	Local	Tipo de etiqueta emitida	Método utilizado	Etiqueta de Projeto		Edificação construída	
				Etiqueta Geral	Nota	Etiqueta Geral	Nota
11º Centro de Telemática E Centro de Operações	Curitiba /PR	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,8	A	5,8
Agência CEF Ubatuba	Ubatuba /SP	De projeto	Prescritivo	A	5,9	-	-
Agência da Receita Federal	Lagoa Santa /MG	De projeto	Prescritivo	A	5,3	-	-
Agência da Receita Federal	Mogi Guaçu /SP	De Edificação construída	Prescritivo	-	-	A	4,7
Agência da Receita Federal	Pouso Alegre /MG	De projeto	Prescritivo	A	5,6	-	-
Agência da Receita Federal	São João da Boa Vista /SP	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	4,9	A	4,9
Almoxarifado TRE/MS	Campo Grande /MS	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,7	A	5,6
Ampliação do Departamento de Engenharia Civil	Florianópolis /SC	De projeto	Prescritivo	A	5,0	-	-
Assembleia Legislativa Do Ceará - Anexo III	Fortaleza /CE	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Campus Barra do Garças - IFMT	Barra do Garças /MT	De projeto	Prescritivo	A	5,9	-	-
Campus Fiocruz Rondônia - Bloco de Ensino e Pesquisa	Porto Velho /RO	De projeto	Simulação	A	5,0	-	-
CEF - Agência Jardim Das Américas	Curitiba /PR	De projeto	Prescritivo	A	5,0	A	5,0
CEF - Agência Nova Cajazeiras	Salvador /BA	De projeto	Prescritivo	A	4,8	A	4,9
CEF - Agência Paranoá	Brasília /DF	De projeto	Prescritivo	A	5	A	4,6
Centro de Aulas E - Escola de Engenharia - UFG	Goiânia /GO	De Edificação construída	Prescritivo	-	-	A	5,0
Centro de comando e controle fixo do	Foz do Iguaçu /PR	De projeto e de	Prescritivo	A	5,0	A	4,5

34º batalhão de infantaria mecanizada		Edificação construída					
Centro de Controle - APP Sudeste	Guaratinguetá /SP	De projeto	Prescritivo	A	5,0	-	-
Centro de desenvolvimento de tecnologia e inovação - CDTI	Manaus /AM	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,7	A	6,0
CIMAER /RJ	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Prescritivo	A	4,5	-	-
CIOP	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Simulação	A	6,0	-	-
CREA - MS	Campo Grande /MS	De projeto	Prescritivo	A	5,7	-	-
CREA-PR Regional Cascavel	Cascavel /PR	De projeto	Prescritivo	A	6,0	-	-
Delegacia da Receita Federal - Blocos 1 E 2	Aracaju /SE	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Delegacia da Receita Federal	São José dos Campos /SP	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Delegacia da Receita Federal	Mossoró /RN	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Delegacia da Receita Federal	Porto Velho /RO	De projeto	Prescritivo	A	5,9	-	-
DTCEA Eduardo Gomes/AM	Manaus /AM	De projeto	Prescritivo	A	4,8	-	-
Depósito de Mercadorias Apreendidas da Alfândega - Receita Federal	Brasília /DF	De projeto	Prescritivo	A	5,0	-	-
DTCEA/TWR Recife-PE	Recife /PE	De projeto	Prescritivo	A	5,1	-	-
Ed. Sede da Caixa Em Belém/PA	Belém /PA	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,7	A	5,7
Edifício Central de Logística E Apoio, PrevFogo / Ibama	Brasília /DF	De projeto	Prescritivo	A	5,7	-	-
Edifício da Receita Federal	Varginha /MG	De projeto	Prescritivo	A	5,2	-	-
CEDSERJ - Edifício Juvenil Osório Gomes	Rio de Janeiro /RJ	De Edificação construída	Prescritivo	-	-	B	3,6
Edifício Sede da Delegacia da Receita Federal	Guarulhos /SP	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-

Edifício Sede da Delegacia da Receita Federal	Sete Lagoas /MG	De projeto	Prescritivo	A	5,6	-	-
Edifício Sede da Receita Federal	Curitiba /PR	De projeto	Prescritivo	A	6,0	-	-
Escola Estadual Ilha da Juventude	São Paulo /SP	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,5	A	5,9
Faculdade de Educação da UFRGS - FACED	Porto Alegre /RS	De projeto	Prescritivo	A	4,6	-	-
Foro do Trabalho	Lucas do Rio Verde /MT	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,7	A	5,7
Fórum Federal e Juizado Especial Federal	Marília /SP	De projeto	Simulação	A	5,0	-	-
Fórum Trabalhista	Tubarão /SC	De projeto	Prescritivo	A	5,0	-	-
Inspetoria da Receita Federal do Brasil	Assis Brasil /AC	De projeto	Prescritivo	B	4,2	-	-
Laboratório de Pesquisas e Desenvolvimento Tecnológico do IPAMTEC	Dourados /MS	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	4,9	A	5,7
Ministério Público do Estado do Ceará/CE	Fortaleza /CE	De projeto	Prescritivo	A	5,7	-	-
Nova KF do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Prescritivo	A	4,8	-	-
Sede da Superintendência da Polícia Rodoviária Federal	Porto Alegre /RS	De projeto	Prescritivo	A	5,6	-	-
Sede do 1º GCC de Porto Velho	Porto Velho /RO	De projeto	Prescritivo	A	5,9	-	-
Sede do Banco Central do Brasil	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Prescritivo	A	5,7	-	-
Sede do Fórum Cível e Criminal	Porto Velho /RO	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Pavilhão Comando do 5º RCC	Rio Negro /PR	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	5,6	A	5,5

Prédio PL da Engenharia Elétrica da UFPR	Curitiba /PR	De Edificação construída	Prescritivo e Simulação	-	-	A	5,0
Projeto de Ampliação do Hospital Geral de Bonsucesso	Rio de Janeiro /RJ	De projeto e de Edificação construída	Prescritivo	A	4,6	A	4,6
SCOAM Santa Cruz - RJ	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Prescritivo	B	4,2	-	-
Sede Administrativa da SANEPAR	Curitiba /PR	De projeto	Simulação	A	5,7	-	-
Sede da Polícia Rodoviária Federal	Fortaleza /CE	De projeto	Prescritivo	A	5,5	-	-
Sede da Polícia Rodoviária Federal	Vitória /ES	De projeto	Prescritivo	A	5,1	-	-
Procuradoria Regional do Trabalho da 24ª Região - MS	Campo Grande /MS	De projeto	Prescritivo	A	4,7	-	-
Sede da SEMA e SEMACE	Fortaleza /CE	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Superintendência de Polícia Rodoviária Federal	Rio de Janeiro /RJ	De projeto	Prescritivo	A	4,9	-	-
Superintendência Regional da Polícia Rodoviária Federal	São Luís /MA	De projeto	Simulação	A	5,0	-	-
Superior Tribunal Militar - STM	Brasília /DF	De projeto	Prescritivo	A	5,8	-	-
Terminal de Passageiros - Aeroporto de Montes Claros	Montes Claros /MG	De projeto	Prescritivo	A	4,6	-	-
Tribunal Regional Eleitoral - TRE/BA	Salvador /BA	De projeto	Prescritivo	A	5,3	-	-
Faculdade de Medicina/Campus Porangabuçu /UFC	Fortaleza /CE	De projeto	Prescritivo	A	4,9	-	-
Delegacia da Polícia Rodoviária Federal	São Miguel dos Campos /AL	De projeto	Prescritivo	A	5,5	-	-
Vara de Trabalho de Canoinhas/SC	Canoinhas /SC	De projeto	Prescritivo	A	4,6	-	-

Fonte: Inmetro (2022)

ANEXO B – RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DA INI-C



Instrução Normativa INMETRO

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

INFORMAÇÕES DA EDIFICAÇÃO

Nome do projeto: Reitoria UFSCar

Área total [m²]: 2301.5m²

Cidade: São Carlos

Estado: SP

Zona Bioclimática: 04

Tipologia predominante: Escritórios

RESULTADOS GERAIS

[consumo em energia primária]

Consumo por m² na ed. referência [kWh/m².ano]: 162

Consumo por m² na ed. real [kWh/m².ano]: 105

Percentual de redução geral [%]: 35.27

Classificação sem a geração de energia: C

Consumo real [kWh/ano]: 241754

Consumo de referência [kWh/ano]: 373492

CLASSIFICAÇÃO GERAL A

RESUMO DAS EMISSÕES

Emissão de CO₂ de referência [tCO₂eq./ano]: 23.12

Emissão de CO₂ real [tCO₂eq./ano]: NaN

Percentual de redução das emissões de CO₂: NaN%

Este documento foi gerado a partir da "Interface Web para a estimativa da carga térmica de resfriamento anual" do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações" (PBE Edifica), de acordo com a Instrução Normativa INMETRO para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (n°309/2022).

A interface está disponível em:
<https://labeee.github.io/interface-ini-c/>

Este documento NÃO é válido como Etiqueta Nacional para Conservação de Energia (ENCE).

ENVOLTÓRIA

[carga térmica de resfriamento]

Consumo real [kWh/ano]: 110471

Consumo de referência [kWh/ano]: 184162

Percentual de redução de consumo: 40%

Classificação A

AR-CONDICIONADO

[consumo em energia primária]

Consumo real [kWh/ano]: 33569.44

Consumo de referência [kWh/ano]: 70832

Percentual de redução de consumo: 53%

Classificação B

ILUMINAÇÃO

[consumo em energia primária]

Consumo real [kWh/ano]: 27768

Consumo de referência [kWh/ano]: 72842.69

Percentual de redução de consumo: 62%

Classificação A

AQUECIMENTO DE ÁGUA

[consumo em energia primária]

Consumo real [kWh/ano]: 0

Consumo de referência [kWh/ano]: 0

Percentual de redução de consumo: NaN%

Classificação Não avaliada