



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ARTHUR VOOS COSTENARO

**CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE SALAS COMERCIAIS E ALTERNATIVA
PARA OBTENÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO NULO
ESTUDOS DE CASO: CAFETERIA E ESCRITÓRIO LOCALIZADOS EM
FLORIANÓPOLIS**

Florianópolis, 2019.

ARTHUR VOOS COSTENARO

**CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE SALAS COMERCIAIS E ALTERNATIVA
PARA OBTENÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO NULO
ESTUDOS DE CASO: CAFETERIA E ESCRITÓRIO LOCALIZADOS EM
FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito parcial exigido pela Graduação em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Michele Fossati, Dr.^a.

Florianópolis, 2019.

Arthur Voos Costenaro

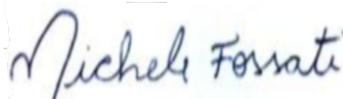
**CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE SALAS COMERCIAIS E
ALTERNATIVA PARA OBTENÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO NULO
ESTUDOS DE CASO: CAFETERIA E ESCRITÓRIO LOCALIZADOS EM
FLORIANÓPOLIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil junto à Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de junho de 2019.

Prof.a Luciana Rohde, Dr.a
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof.a Michele Fossati, Dr.a
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Roberto Lamberts, Ph.D
Universidade Federal de Santa Catarina

Arq. Renata De Vecchi, Ph.D

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, exemplo de perseverança e dedicação. À minha mãe, que coloca os filhos sempre a frente de sua própria necessidade. E aos meus irmãos, que ininterruptamente me acompanham e serão meus eternos amigos.

Ao meu namorado, muito obrigado pela convivência, amizade, companheirismo e carinho. Você tornou a vida mais leve.

Agradeço também à instituição por proporcionar um ambiente educacional de qualidade com professores e servidores extremamente dedicados. Em especial à professora Michele Fossati, por sua disponibilidade e paciência ao me orientar no TCC e por suas dicas valiosas.

Aos meus amigos e colegas de curso, obrigado por terem de alguma forma contribuído nessa longa e árdua jornada.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a classificação da eficiência energética de um escritório e uma cafeteria localizados em Florianópolis – SC, além da possibilidade de torná-los edificações de balanço energético nulo. Para o cálculo do consumo de energia elétrica e avaliação dos sistemas foi utilizado o método simplificado apresentado na Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - INI-C. A partir da metodologia apresentada e considerando tanto a condição real quanto a condição de referência das edificações, foi possível avaliar as envoltórias, os sistemas de condicionamento de ar e os sistemas de iluminação quanto a sua eficiência energética. Foi também realizada a avaliação geral das salas de acordo com o seu consumo convertido em energia primária. Ambos obtiveram classificação geral B. Discutiu-se algumas alternativas para tentar mudar de forma positiva o cenário encontrado. Por fim, foram dimensionados sistemas de energia fotovoltaica para suprir integralmente os consumos energéticos das salas, tornando-as de energia zero.

Palavras-chave: Eficiência Energética, INI-C, Edifícios de Energia Zero

ABSTRACT

This work's aim is to classify the energy efficiency of an office and a cafeteria located in *Florianópolis - SC*, besides the possibility of making them buildings with zero energy balance. The simplified method presented in the Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Class of Commercial, Services and Public Buildings (*INI-C*) was used to calculate electricity consumption and to classify the systems. Based on the methodology presented and considering both the actual condition and the reference condition of the buildings, it was possible to evaluate the envelopes, the air conditioning systems and the lighting systems regarding their energy efficiency. The general classification of the rooms was also carried out according to their energy consumption converted into primary energy. Both obtained general classification B. Some alternatives were discussed in order to change the found scenario in a positive way. Finally, photovoltaic energy systems were dimensioned to fully meet the energy consumption of the rooms, making them zero energy.

Key-words: Energy Efficiency, INI-C, Zero Energy Buildings

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2016.....	19
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira.....	19
Figura 3 - Matriz Elétrica Mundial	20
Figura 4 - Oferta interna de energia elétrica por fonte.....	21
Figura 5 - Participação de renováveis na matriz elétrica	21
Figura 6 - Variação do consumo setorial de eletricidade, 2017-2018.....	22
Figura 7 - Participação setorial no consumo de eletricidade.....	22
Figura 8 - Evolução do consumo final do setor de serviços por fonte	23
Figura 9 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação completa	33
Figura 10 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação parcial	34
Figura 11 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação pelo método de simulação.....	35
Figura 12 - Segunda página da nova proposta de ENCE	36
Figura 13 - Terceira página da nova proposta de ENCE para avaliação completa.....	37
Figura 14 - Representação esquemática do balanço energético nulo.....	39
Figura 15 - Multi Open Shopping + Offices.....	42
Figura 16 - Vista aérea Multi	42
Figura 17 - Planta baixa escritório	43
Figura 18 - Componentes alvenaria externa escritório.....	44
Figura 19 - Fachada escritório.....	44
Figura 20 - Fachada cafeteria	45

Figura 21 - Planta baixa cafeteria	46
Figura 22 – Componentes da vedação externa cafeteria	46
Figura 23 - Divisão das zonas térmicas para análise	51
Figura 24 - Divisão das zonas térmicas do escritório	51
Figura 25 - Divisão das zonas térmicas do café	52
Figura 26 - Interface WEB para cálculo da carga térmica anual da envoltória.....	53
Figura 27 - Classificação dos condicionadores de ar.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites dos parâmetros pelo método simplificado	31
Tabela 2 - Hierarquia das opções de fontes de energia renovável para uso de EEZ.....	40
Tabela 3 - Valores de referência para edificações de escritório	48
Tabela 4 – Valores de referência para edificações de alimentação	49
Tabela 5 - Dados de entrada do escritório na interface	53
Tabela 6 - Dados de entrada do café na interface	54
Tabela 7 - Coeficiente de redução de classe D para classe A - Escritórios.....	56
Tabela 8 - Coeficiente de redução de classe D para classe A - Alimentação.....	56
Tabela 9 - Limite de intervalos para cada classe de avaliação da envoltória.....	57
Tabela 10 - Classificação da eficiência energética de condicionadores de ar do escritório	58
Tabela 11 – Classificação da eficiência energética de condicionadores de ar do café.....	58
Tabela 12 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para condicionadores de ar do tipo expansão direta.....	60
Tabela 13 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para a classe de eficiência pretendida.....	61
Tabela 14 - Limite de intervalos para a classificação do sistema de iluminação	63
Tabela 15 - Fatores de conversão para energia primária.....	64
Tabela 16 - Coeficiente de redução do consumo de energia primária - Escritório	65
Tabela 17 - Coeficiente de redução do consumo de energia primária – Alimentação	65
Tabela 18 - Escala para classificação de eficiência energética da edificação.....	66
Tabela 19 - Fatores de perdas para sistemas fotovoltaicos	67

Tabela 20 - Médias mensais de irradiação solar para o bairro Rio Tavares, Florianópolis– SC, para uma inclinação de 27,7° N, em (kWh/m2.dia).	68
Tabela 21 - Verificação dos requisitos para aplicação do método simplificado.....	68
Tabela 22 - Limites para a classificação da envoltória do escritório (kWh/ano).....	70
Tabela 23 - Limites para a classificação da iluminação do escritório (W).....	71
Tabela 24 - Potência instalada de iluminação.....	71
Tabela 25 - Tabela resumo CEP para o escritório	73
Tabela 26 - Limites para a classificação geral do escritório (kWh/ano).....	74
Tabela 27 - Especificações do módulo fotovoltaico	75
Tabela 28 - Limites para a classificação da envoltória do café (kWh/ano).....	76
Tabela 29 - Limites para a classificação da iluminação do café (W)	77
Tabela 30 - Potência instalada do café	77
Tabela 31 - Tabela resumo CEP para o café.....	79
Tabela 32 - Limites para a classificação geral do café (kWh/ano).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanco Energético Mundial
BEN	Balanco Energético Nacional
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
CEE	Coefficiente de Eficiência Energética
CEP	Consumo de Energia Primária
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP	<i>Coefficient Of Performance</i>
CRCEP _{D-A}	Coefficiente de Redução do Consumo de Energia Primária da Classe D para a Classe A
CRCT _{D-A}	Coefficiente de Redução de Carga Térmica Total Anual da Classe D para a Classe A
CTE	Consumo Total de Energia
DCgT	Densidade de Carga Térmica para Refrigeração
DOE	<i>Department of Energy</i>
DPE	Densidade de Potência dos Equipamentos
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
E _{ff}	Eficiência do Módulo Fotovoltaico
ENCE	Etiqueta Nacional de Consumo de Energia
EPBD	<i>Energy Performance in Building Directive</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EZZ	Edificação de Energia Zero

FF	Fator de Forma
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
<i>i</i>	Coefficiente de intervalo entre classes
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
NZEB	<i>Near Zero Energy Building</i>
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
P _{CC}	Potência Nomial
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
ZEB	<i>Zero Energy Building</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	16
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	16
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. GERAÇÃO E CONSUMO ENERGÉTICO	18
2.2. CONJUNTURA HISTÓRICA	24
2.3. INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICAS – INI-C.....	29
2.3.1. <i>Método Simplificado</i>	30
2.3.2. <i>Método de Simulação</i>	32
2.3.3. <i>Classificação da Edificação pelo Consumo</i>	32
2.3.4. <i>Nova Proposta da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia</i>	32
2.4. EDIFÍCIOS DE ENERGIA ZERO (EEZ)	38
2.4.1. <i>Definição</i>	38
2.4.2. <i>EEZ no Brasil</i>	40
3. METODOLOGIA	41
3.1. ESCOLHA DAS UNIDADES COMERCIAIS.....	41
3.1.1. <i>Escritório</i>	43
3.1.2. <i>Cafeteria</i>	45
3.2. APLICAÇÃO DA INI-C.....	47
3.2.1. <i>Avaliação da Envoltória</i>	47
3.2.1.1. Definição da Tipologia da Edificação	47
3.2.1.2. Zonas Térmicas	50
3.2.1.3. Carga Térmica Total da Edificação.....	52
3.2.1.4. Determinação das escalas e classe de eficiência da envoltória.....	55
3.2.2. <i>Avaliação do Sistema de Condicionamento de Ar</i>	57
3.2.2.1. Determinação do consumo energético do sistema de condicionamento de ar	59
3.2.2.2. Requisito mínimo para obtenção da classe A de eficiência energética.....	59
3.2.3. <i>Avaliação do Sistema de Iluminação</i>	60
3.2.3.1. Método do Edifício Completo.....	60
3.2.3.2. Determinação do consumo energético total de iluminação	61
3.2.3.3. Requisitos mínimos para obtenção de classe A de eficiência energética do sistema de iluminação	62

3.2.3.4.	Determinação das escalas e classe de eficiência do sistema de iluminação.....	62
3.2.4.	<i>Avaliação do Sistema de Aquecimento de Água</i>	63
3.2.5.	<i>Consumo de equipamentos</i>	63
3.2.6.	<i>Classificação da Edificação</i>	64
3.2.7.	<i>Geração de Energia Local com Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico</i>	66
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
4.1.	ESCRITÓRIO	69
4.1.1.	<i>Envoltória</i>	69
4.1.2.	<i>Condicionamento de ar</i>	70
4.1.3.	<i>Iluminação</i>	71
4.1.4.	<i>Equipamentos</i>	72
4.1.5.	<i>Classificação e consumos totais</i>	72
4.1.6.	<i>Geração Local de Energia com Sistema Fotovoltaicas</i>	74
4.2.	CAFÉ.....	75
4.2.1.	<i>Envoltória</i>	75
4.2.2.	<i>Condicionamento de ar</i>	76
4.2.3.	<i>Iluminação</i>	76
4.2.4.	<i>Equipamentos</i>	78
4.2.5.	<i>Classificação e Consumos Totais</i>	78
4.2.6.	<i>Geração Local de Energia com Sistema Fotovoltaicas</i>	80
5.	CONCLUSÕES	81
5.1.	LIMITAÇÕES	82
5.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTUROS.....	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APÊNDICE A – INTERFACE METAMODELO ONLINE	87

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais o consumo energético mundial tem aumentado, e, com ele, as preocupações e buscas por alternativas mais sustentáveis. No Brasil, o consumo total de energia em 2017 foi de mais de 526 GWh, sendo cerca de 25% destinado ao uso residencial, 17% ao uso comercial e 8% para o setor público, afirmando uma progressão de 0,9% em relação a 2016. Os setores que mais contribuíram para este crescimento foram o comercial (1,5%) e o industrial (1,1%), seguidos pelo residencial que, por sua vez, teve um aumento de 0,8% no consumo de energia. A oferta interna de energia também é crescente, no entanto, num ritmo um tanto menos célere. Verificou-se um aumento de 0,7% em relação ao ano anterior (EPE, 2018).

Nesse contexto, no qual o crescimento de consumo extrapola o crescimento de oferta interna, fica visível a necessidade de controlar a utilização de recursos energéticos bem como promover a manutenção de suas matrizes. O governo federal brasileiro propõe diretrizes através do Ministério de Minas e Energia, do Ministério da Educação, da Eletrobras e outras instituições, com o objetivo de proporcionar aos diferentes setores do país informações úteis e técnicas, com foco tanto teórico quanto prático. Dentre as diversas iniciativas, destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), sob coordenação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), sob coordenação da Petrobras e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), sob coordenação da Eletrobras.

Impulsionado por acontecimentos como a falta de chuva, a crise do petróleo e o “apagão”, e dotados dessas políticas de consumo racional de energia, o governo brasileiro regulamentou a adoção de medidas visando à alocação eficiente de recursos, incluído no decreto número 4.059/2001 da lei número 10.295. Para tal, passaram a estabelecer os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de edificações construídas no país com base em indicadores técnicos e regulamentação específica. Os edifícios comerciais, de serviços e públicos tiveram seu Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética (RTQ-C) aprovado em fevereiro de 2009. Após quase 10 anos, percebeu-se a necessidade de um novo método que foi submetido a consulta pública de julho a setembro de 2018. Trata-se da Instrução Normativa Inmetro para a Classe de

Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, a INI-C.

Nesse sentido, o presente TCC foi desenvolvido com base nessa nova proposta de método para avaliação da eficiência energética de edificações. Para tanto, foi feita uma breve apresentação dos conceitos e melhorias trazidos no novo método, bem como sua aplicação em duas unidades comerciais: uma cafeteria e um escritório, ambos localizados no complexo Multi Open Shopping + Offices, no Rio Tavares, Florianópolis-SC. Foi também realizado o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos com o intuito de tornar as salas em edificações de energia zero.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência energética de edificações comerciais e/ou de serviço pelo método simplificado da INI-C e apresentar a possibilidade de obtenção de balanço energético nulo nas edificações.

1.1.2 Objetivos Específicos

A fim de garantir os resultados do objetivo principal, foram estipulados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar e classificar a eficiência energética da envoltória da(s) edificação(ões);
- Avaliar e classificar energética do sistema de condicionamento de ar;
- Avaliar e classificar energética do sistema de iluminação;
- Sugerir alternativas para melhoria da classificação energética;
- Aplicar sistema fotovoltaico a fim de se obter uma edificação de balanço energético nulo.

1.2. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo expõe o assunto que será tratado, assim como os objetivos. O segundo capítulo refere-se a revisão bibliográfica que traz dados de consumo energético no mundo e no Brasil, além de tratar das principais leis, regulamentos e medidas governamentais tomadas com o intuito de aumentar a eficiência energética de maneira geral. Há ainda uma descrição da nova proposta de avaliação da eficiência energética das edificações comerciais, de serviços e públicas, a INI-C, e seus

métodos de aplicação: simplificado e de simulação. Por fim, introduz-se o conceito de EEZs. O terceiro capítulo descreve a metodologia, apresentando os procedimentos adotados, bem como os parâmetros de entrada utilizados na classificação das edificações analisadas e dos sistemas dimensionados. O quarto capítulo expõe os resultados obtidos: classificação dos sistemas parciais, consumo em termos de energia elétrica e energia primária, classificação da edificação, dimensionamento de sistema fotovoltaico e análise dos resultados. No quinto estão presentes as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Geração e Consumo Energético

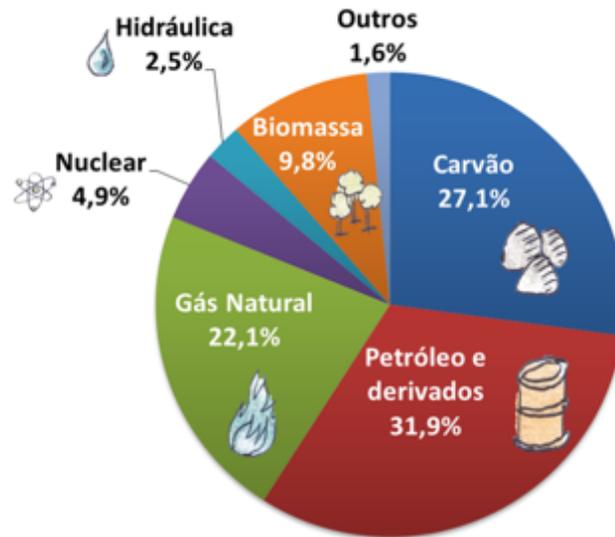
Segundo Hewitt (2002), a energia é a capacidade de realizar trabalho. Entretanto, o conceito de energia não é de fácil entendimento, dado que se trata de uma grandeza abstrata, sendo mais fácil observá-la quando está sendo transferida ou transformada. Encontrada sob várias formas como térmica, química, elétrica, mecânica, luminosa, dentre outras, a energia consumida diariamente pela humanidade é em sua grande maioria elétrica ou química.

Cabe, então, explicar a diferença entre as matrizes energética e elétrica. De acordo com o EPE, enquanto a matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para movimentar os veículos, ferver a água no fogão e gerar eletricidade, a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis somente para a geração de energia elétrica (EPE, 2019). Portanto, é possível concluir que a matriz elétrica é parte da matriz energética.

Nesse sentido, a energia elétrica é a mais popular graças a sua versatilidade, é facilmente convertida em outras energias como mecânica, luminosa ou térmica, além de ser de fácil transporte e possuir baixas perdas em conversões. Sua obtenção provém principalmente das conversões de energia potencial obtida em quedas d'água, como em usinas hidrelétricas, ou então por processos térmicos, que na verdade utilizam-se de energia química como no caso de termelétricas a carvão ou biomassa. Todos os processos de geração de energia elétrica consistem em alternadores acoplados a turbinas acionadas por energia mecânica.

No Balanço Energético Mundial de 2018 (*World Energy Balances 2018*), elaborado pela Agência Internacional de Energia (*INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, 2019*), é possível observar que no ano de 2016 (ano base para a pesquisa) foi produzido 0,3% de energia a menos que em 2015. A matriz energética mundial era composta por 86% de fontes não-renováveis, (0,6% a menos que 2015) dentre as quais tem-se combustíveis fósseis (81%) e energia nuclear (5%) e 14% de fontes renováveis. Dentre essas: biocombustíveis e resíduos foram responsáveis por 10%, geração hidráulica representa 2% e outras fontes como eólica, solar térmica, solar fotovoltaica e geotérmica, as quais representaram 2% da produção, conforme mostra a Figura 1.

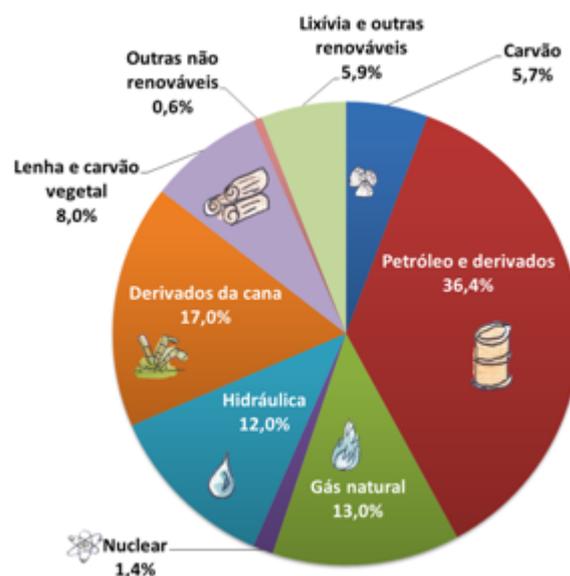
Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2016



Fonte: IEA, 2018

Já o Brasil, de acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2018) – ano base 2017 – apesar de ainda ter o consumo de energia de fontes não renováveis maior do que o de renováveis, utiliza mais fontes renováveis que o resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, lixívia e outras renováveis, as fontes renováveis brasileiras totalizam 42,9%, conforme mostra a Figura 2.

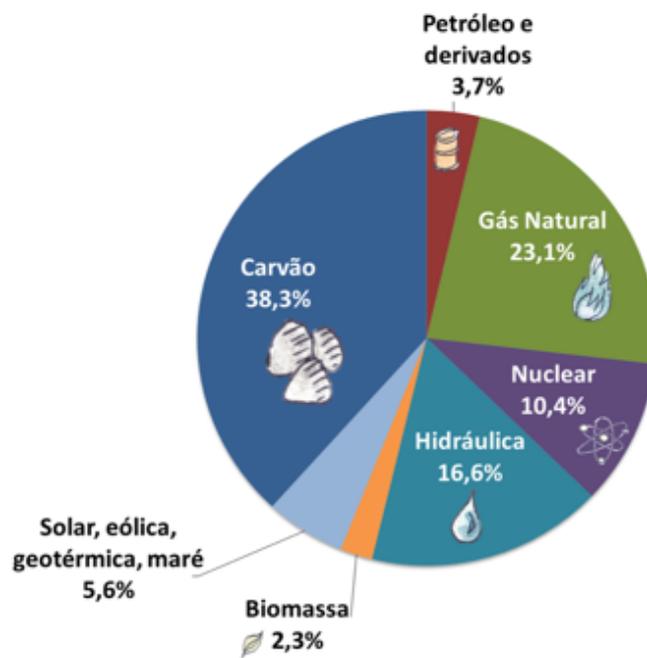
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira



Fonte: EPE, 2018

Quanto à matriz elétrica mundial, em geral, tem-se a geração de energia elétrica no mundo principalmente baseada na utilização de combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas, como representa a Figura 3.

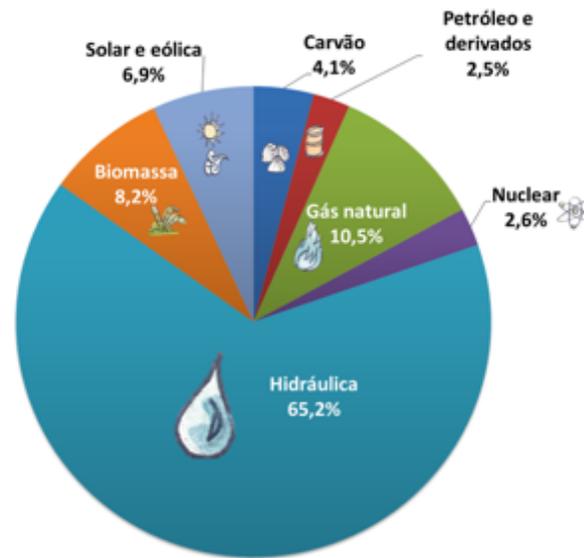
Figura 3 - Matriz Elétrica Mundial



Fonte: IEA, 2018

A matriz elétrica brasileira, por sua vez, é ainda mais renovável do que a energética. O País dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica que responde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis representam 80,4% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável, como mostra a Figura 4.

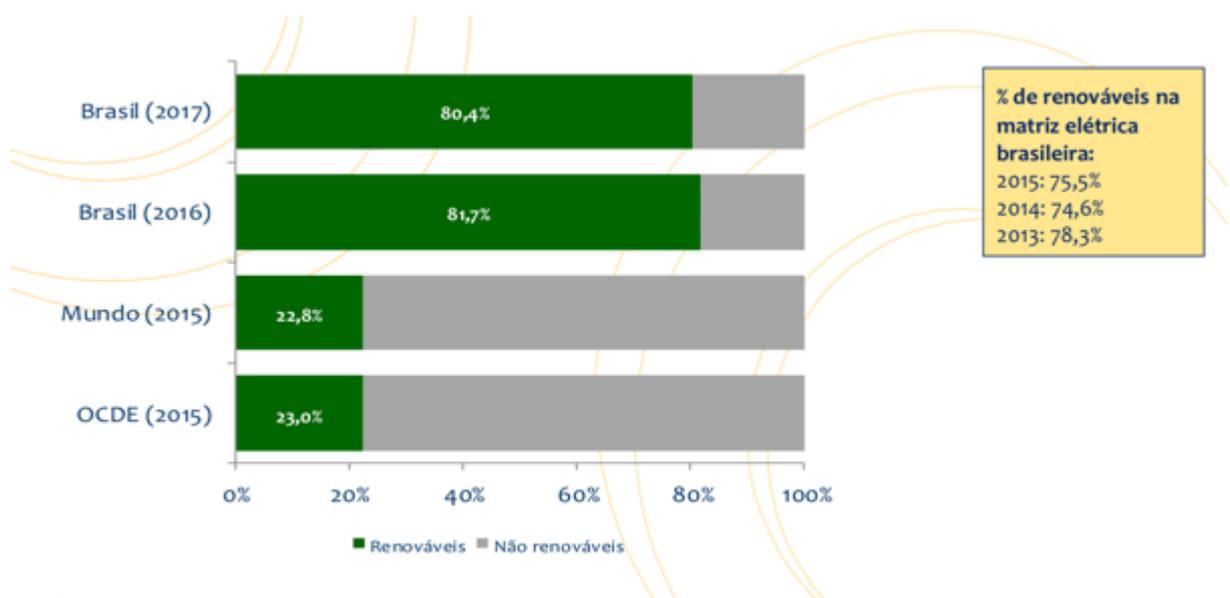
Figura 4 - Oferta interna de energia elétrica por fonte



Fonte: EPE, 2018

Vale ressaltar que, no ano em estudo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, houve redução de 3,4% da energia hidráulica disponibilizada em relação a 2016. Apesar da menor oferta hídrica, a participação de renováveis na matriz elétrica atingiu o valor de 80,4% em 2017, fato explicado pelo avanço da geração eólica que teve um crescimento de 26,5% no ano (EPE, 2018). Mesmo assim, valor ficou abaixo do ano anterior, como mostra Figura 5.

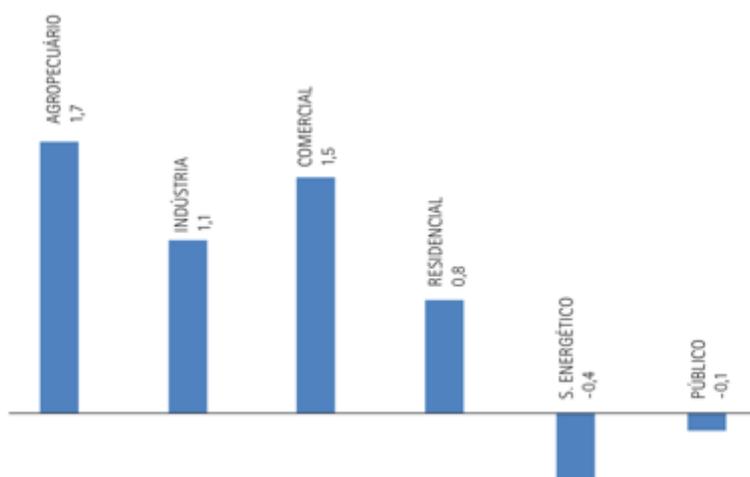
Figura 5 - Participação de renováveis na matriz elétrica



Fonte: EPE, 2018

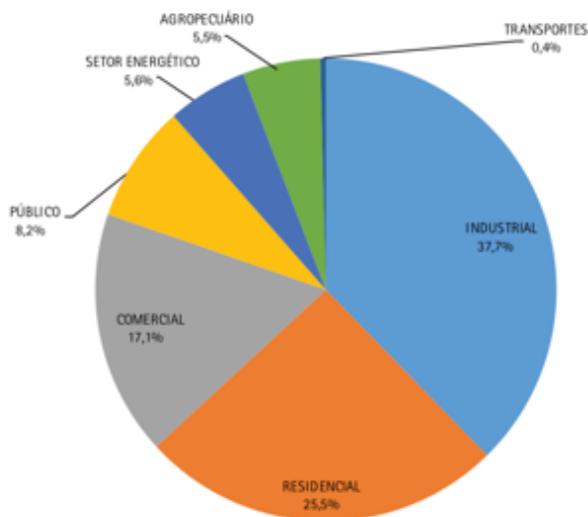
Com relação ao consumo final, no ano de 2017 houve uma evolução de 0,9 % em relação ao ano anterior, com destaque para o setor agropecuário, que apresentou um crescimento de 1,7%, responsável pelo consumo de 5,5% do total, e também o setor comercial, com crescimento de 1,5% em relação ano anterior, atingindo 17,1% do consumo interno, como ilustrado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Variação do consumo setorial de eletricidade, 2017-2018



Fonte: EPE, 2018

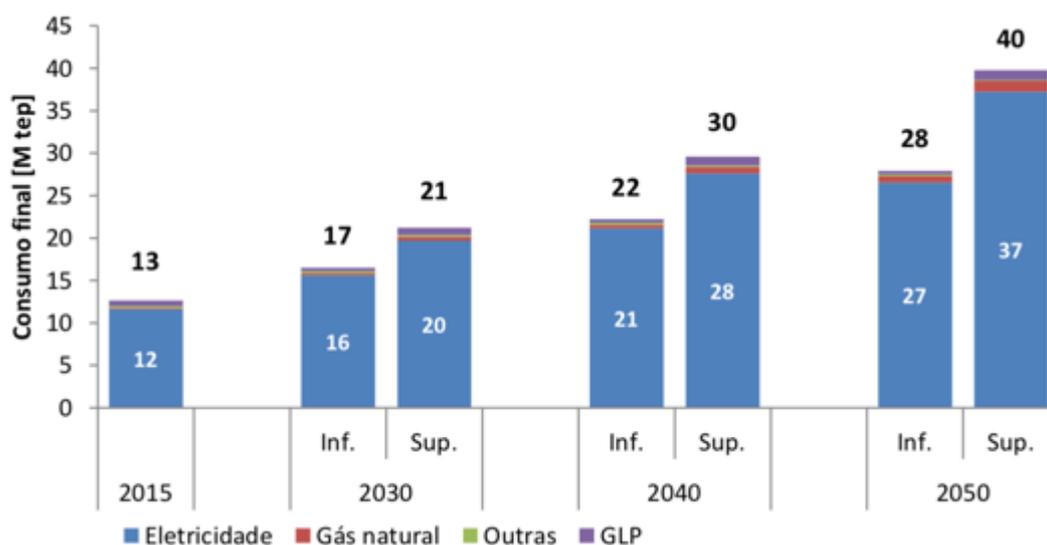
Figura 7 - Participação setorial no consumo de eletricidade



Fonte: EPE, 2018

A longo prazo, no setor de serviços, estima-se que o consumo de energia cresça 2,3% - cenário inferior¹ - e 3,3% - cenário superior² - ao ano, entre 2015 e 2050 (PNE, 2015). Em ambos os casos, as principais fontes de energia utilizadas no setor são a eletricidade, gás natural e o GLP conforme ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Evolução do consumo final do setor de serviços por fonte



Fonte: EPE, 2018

Apesar da clara heterogeneidade no setor de serviços, que inclui também os edifícios comerciais e públicos, atualmente os segmentos mais representativos são os de comércio varejista e atacadista, alimentação e hipermercados (EPE, 2017). De acordo com Plano Nacional de Energia – 2050 (BRASIL, 2015), no cenário inferior, espera-se a permanência do domínio das atividades tradicionais de serviço, caracterizadas pela pouca produtividade, baixos salários médios, pouco conteúdo tecnológico e inovações.

Já no cenário superior, sugere-se o desenvolvimento e expansão dos segmentos com maior valor agregado, como os de tecnologia de informação, juntamente com a redução de custos associados aos serviços de armazenagem, possibilitados pelos investimentos em

¹ O cenário inferior se apresenta no caso de um crescimento econômico mais modesto, com taxa média do PIB nacional de 1,6% a.a. ao longo do horizonte do estudo.

² O cenário superior se apresenta enquanto de maior crescimento econômico com taxa média de 3,0% a.a.. Neste caso, caracteriza-se pelo atendimento de elevada demanda por energia e, assim, enfrenta o maior desafio do planejamento energético.

infraestrutura e maior nível educacional da população. Nesse sentido, haverá um crescimento de forma mais forte em função do aumento da participação de segmentos com uso mais intensivo de energia, principalmente da eletricidade.

De forma geral, pode-se dizer que, no setor de serviço, o aumento do consumo é caracterizado pelo crescimento da população e da renda das famílias, além da expansão de área construída e de novos estabelecimentos. A eletricidade se mantém como sendo a fonte predominante, justamente pelo fato de seu uso para iluminação, refrigeração e força motriz. E mantendo o processo de transição já observado nas últimas décadas, fontes como de lenha e carvão vegetal, óleo diesel e óleo combustível vão dando lugar ao GLP, o gás natural e a eletricidade independentemente do cenário.

2.2. Conjuntura Histórica

Com o intuito de se tornarem ainda mais competitivas, as empresas e comércios buscam, dentre outras alternativas, a melhora na eficiência energética como uma oportunidade para reduzir custos (MARQUES, 2007). Ora adotando um discurso ambientalista, ora prevendo dificuldades na disponibilidade energética, o uso consciente da energia elétrica entra em pauta na gestão de um negócio e buscam-se conceitos da engenharia, da economia e da administração, aplicando-os aos sistemas energéticos (VENTURINI, 2005).

O assunto eficiência energética teve destaque no cenário mundial principalmente depois da crise do petróleo na década de 1970, quando notou-se que o uso de combustíveis fósseis tinha custos econômicos e ambientais crescentes (EPE, 2018). Ficou claro, então, que a melhora nos hábitos e a utilização de equipamentos mais eficientes poderiam amenizar a necessidade da ampliação da geração de energia elétrica.

Segundo Lamberts et al. (1997), eficiência energética pode ser compreendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Sendo assim, um edifício é considerado mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais e de conforto ao usuário com menor consumo de energia.

As características técnicas da construção, além do microclima, a temperatura externa, a radiação solar, o vento, as trocas térmicas das paredes e cobertura, a transmissão de calor no interior da edificação pelos usuários, a iluminação e os equipamentos eletrônicos, são variáveis que influenciam no balanço energético de uma edificação (*EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE- GENERAL FOR ENERGY*, 1995).

No entanto, para um edifício ser considerado eficiente, além de utilizar recursos tecnológicos, como por exemplo equipamentos de baixo consumo de energia, o mesmo deve ter no seu projeto a avaliação dos parâmetros construtivos em relação ao comportamento energético. Para que isso ocorra é aconselhado que os arquitetos e engenheiros procurem, logo na fase de projeto, soluções construtivas que sejam adequadas ao local onde a edificação será construída (DOE, 2004).

Geller (1994) descreve cinco vantagens da conservação de eletricidade, apresentadas aqui sem ordem de importância:

1. Aumentar a eficiência tem como consequência diminuição de custos;
2. Conservar reduz a necessidade de investimento nos setores públicos, além de que investir na eficiência do uso final é menos drástico que construir novas usinas elétricas e linhas de transmissão;
3. A falta de energia pode ser reduzida devido a conservação;
4. Aumentar a eficiência na utilização da energia pode significar ajudar as indústrias e os produtos nacionais a competirem no mercado mundial;
5. Os impactos ambientais e sociais da conservação da eletricidade são bem menores do que os do fornecimento. Como exemplo, pode-se citar a construção de usinas hidroelétricas que geralmente inundam grandes regiões, muitas vezes com perda de áreas de reserva e mobilização de civilizações.

Assim como Geller, Menkes (2004) afirma que com a melhoria da eficiência energética existe uma redução na necessidade de aumento de capacidade geradora e de novos investimentos, o que permite que recursos sejam liberados para investimento em medidas de proteção ambiental, de segurança e melhoria nas geradoras já existentes, em tecnologias limpas, entre outras. A busca pela melhoria da eficiência energética e transição para o uso de recursos primários renováveis é destacada em toda e qualquer avaliação sobre desenvolvimento sustentável.

Diversos países começaram a desenvolver programas de eficiência energética, com o intuito de combater, então, os desperdícios e má utilização da energia. Os Estados Unidos da América, por exemplo, atuam através dos governos federal e estaduais no setor industrial, impondo limites mínimos de eficiência na produção. Além disso, exigem também que os equipamentos elétricos utilizados, como motores elétricos e transformadores, apresentem um rendimento mínimo obrigatório.

Outro exemplo que pode ser citado é a Alemanha, que visa dissociar consumo energético de bem-estar social, posto que cerca de 70% das emissões de gases de efeito estufa mundiais são causados pela geração de energia. Lá, há mais de quarenta anos o país aumenta a eficiência no transporte, indústria e residências (EMBAIXADA DA REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA, 2013). Ademais, a Alemanha apoia o Brasil no desenvolvimento de tecnologias ambientais adaptadas.

No centro da cooperação no setor de energia está a exploração dos imensos potenciais em fontes de energia renováveis que o Brasil possui, como vento, sol e biomassa. A realização de testes com redes inteligentes de distribuição (*smart grid*) e a exploração das reservas em eficiência nas empresas e cidades também são objeto de cooperação. Aqui é dado um destaque especial à estreita cooperação com o setor privado e à integração sistemática da ciência e pesquisa. (EMBAIXADA DA REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA, 2013)

Inicialmente pensado para o setor automotivo, o Inmetro iniciou em 1984 a discussão sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho. O intuito era contribuir para a racionalização do uso de energia. Esse projeto foi expandido e teve um novo foco, recebeu então o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (PBE EDIFICA, 2018).

Em 1985 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pela Eletrobrás, que contribui tanto para o aumento da eficiência dos bens e serviços, quanto para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia na tentativa de criar um ambiente mais sustentável. Em 1993, foi instituído por decreto presidencial o Selo Procel, que permite ao consumidor conhecer os equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e que consomem menos energia no mercado. (PROCEL, 2018)

Legalmente, a primeira iniciativa efetivamente instituída para promover a eficiência energética no país foi em 17 de outubro de 2001 quando foi sancionada a Lei de número 10.295 como consequência da crise de energia de 2001 (BRASIL, 2001a). Ocasão em qual houve um colapso no sistema elétrico do país devido aos poucos investimentos em ampliação do parque gerador nos anos anteriores e da insuficiência das chuvas registradas no ano 2000. Tal Lei dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e deixa explícito que “[...] o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência

energética nas edificações construídas no país” (BRASIL, 2001). Em 19 de dezembro do mesmo ano, o Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b) regulamentou a referida lei, decretando que “[...] os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica”. Já em relação às edificações, o decreto estabelece que devem ser propostos: a adoção de procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações; indicadores técnicos referenciais do consumo de energia das edificações para certificação de sua conformidade em relação à eficiência energética e que os mesmos sejam requisitos técnicos para os projetos de edificações a serem construídas.

Em 2005 foi publicada a primeira normativa brasileira a trazer requisitos de desempenho para as edificações, a NBR 15220, intitulada Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), sendo destinada a construções residenciais unifamiliares de interesse social, sem caráter obrigatório.

Já em 2008, três anos após lançada a NBR 15220, a Associação Brasileira de Normas Técnicas introduziu a NBR 15575 (ABNT, 2008) com a intenção de aumentar o número de edificações que seriam abrangidas por normativas para promover uma melhoria no desempenho das mesmas. Tal norma foi intitulada Edifícios Habitacionais de Até Cinco Pavimentos – Desempenho, mas acabou não sendo incorporada pela construção Civil. Cinco anos mais tarde, em 2013, a NBR 15575 passou a ter caráter obrigatório para os requisitos de desempenho, exigindo pelo menos nível mínimo, além de não restringir mais o número de pavimentos. Foi renomeada Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013). Pela norma, os sistemas avaliados são classificados em três níveis: mínimo, intermediário e superior.

Em 2009, com a Portaria nº 53 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) foi lançado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) cujo objetivo é especificar requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética, variando de A, nos casos mais eficientes, até E, casos menos eficientes. Assim sendo, é possível gerar uma etiqueta, nos padrões das que se encontram em equipamentos eletrodomésticos, para que se tenha ciência de como a edificação, ou parte dela, está atendendo aos requisitos de eficiência energética (CB3E, 2018). O regulamento foi revogado pelas Portaria Inmetro nº 163, de 08 de junho de 2009 e Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010 (INMETRO, 2010b). Esta última,

juntamente com as Portarias Complementares nº 17, de 16 de janeiro de 2012, nº 299, de 19 de junho de 2013 e a nº 126, de 19 de março de 2014, estão em vigor atualmente.

O RTQ-R, destinado as edificações residenciais foi lançado em 2010 pela Portaria Inmetro nº 499, de 25 de novembro de 2010 (INMETRO, 2010a), revisado e republicado através da Portaria Inmetro nº 18, de 16 de janeiro de 2012 (INMETRO, 2012).

A versão da ENCE (Etiqueta Nacional de Consumo de Energia) atualmente em vigor não apresenta o consumo energético da edificação, e sim um indicador adimensional que varia de 1 a 5. Conforme a pontuação obtida pelo edifício, o mesmo é inserido em uma das classes de eficiência, que variam de A (acima de 4,5 pontos) a E (abaixo de 1,5 pontos). Ademais, pelas características básicas exigidas pelos regulamentos, o indicador da edificação pode receber até um ponto adicional proveniente de possíveis bonificações, desde que comprovada sua eficiência.

Desde sua implementação, vários foram os trabalhos acadêmicos desenvolvidos sobre o assunto. Alguns, como o de Sechini e Fries (2018) se limitam à avaliação de um único sistema. Outros, como o de Silva (2015) classificam toda a edificação e muitas vezes ainda apresentam os custos de implantação das modificações para que a edificação tenha um melhor desempenho energético, como o de Palladini (2016).

Entretanto, todos esses estudos evidenciam a existência de limitações no RTQ-C que incluem a falta de representação por volumetria da edificação, o uso de parâmetros ponderados para toda edificação, a necessidade de levantamento de dados não significativos na avaliação, não considera influências do entorno edificado, o uso de apenas um padrão de carga térmica interna e padrão de uso e ocupação, não considera a influência da limitação natural e ventilação natural, além de não englobar várias tipologias muito recorrentes na construção civil.

Quase 10 anos depois de sua primeira publicação, a necessidade de atualização do RTQ-C propiciou o desenvolvimento de um novo método de avaliação que leva em conta uma condição de referência e outra de estudo (real) de acordo com o consumo de energia primária dos sistemas avaliados. Considerar a energia primária facilita a estimativa do impacto ambiental gerado pelo consumo e a tendência é que as normas sejam aperfeiçoadas para ponderarem essa variável (Ghisi e Bavaresco, 2016). Fonseca et al. (2017) fazem, em seu artigo, uma interessante comparação entre o método atual e a utilização de energia primária afirmando que [...] “utilizar o consumo de energia primária como indicador de eficiência permite que tanto a energia elétrica, quanto a térmica, oriundas de diversas fontes sejam contabilizadas”. Em 12 de julho de 2018, foi publicada no Diário Oficial da União, portaria

número 248, a consulta pública da proposta de aperfeiçoamento do RTQ-C que teve prazo de 60 dias para manifestação.

2.3. Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C

O novo método de avaliação, intitulado Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), que visa substituir o RTQ-C, baseia-se no consumo de energia primária, analisando as características de certa edificação real com condições de referência que equivalem à classe energética D e comparando-as com a edificação em estudo. São avaliados a envoltória, o condicionamento de ar, a iluminação e o aquecimento de água. Esses resultam em consumos de energia elétrica ou energia térmica, que buscam se aproximar do consumo real da edificação analisada. As diferentes fontes de energia são convertidas para energia primária a fim de que possam ser somadas e avaliadas em conjunto.

A energia primária refere-se à forma de energia disponível na natureza que não foi submetida a qualquer processo de conversão ou transformação, ou seja, é a energia contida nos combustíveis ainda brutos. Ela pode tanto ser proveniente de fontes renováveis quanto de fontes não renováveis e, quando não são utilizadas diretamente, podem ser transformadas em fontes de energia secundárias como eletricidade, ou calor, por exemplo. (CB3E, 2018)

A proposta considera, ainda, fatores bem relevantes quando em se tratando de sustentabilidade, esses parâmetros, no entanto, não são determinantes para a classificação energética da edificação. São eles: o consumo estimado de equipamentos, o uso racional de água, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e a geração local de energia renovável. Essa última deve ser realizada por meio das seguintes fontes de energias renováveis: hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada e deve estar instalado na edificação avaliada ou em seu lote.

Nesse caso, a energia gerada por meio do uso de fontes renováveis ao longo do ano (G_{EE}) é estimada por laudo técnico do projetista, para que por fim possa ser subtraída do consumo total de energia elétrica (CTE_E).

Há ainda um anexo relacionado ao uso racional de água visando estabelecer critérios para a avaliação do potencial de economia por meio do uso racional de água em edificações comerciais, de serviços e públicas. No entanto, trata-se de uma informação de caráter informativo, não devendo alterar a classe de eficiência energética da edificação.

Para tanto é feita a determinação do consumo anual de água segundo a condição de referência apresentada na instrução normativa. Posteriormente é calculado o consumo anual de água na condição real da edificação e então é determinada a oferta anual de água não potável proporcionada por equipamentos economizadores e sistemas de uso racional de água, caso existam. Com esses dados é calculado o potencial total de economia de água, em porcentagem.

Assim como no potencial de uso racional de água, as emissões de dióxido de carbono podem ser determinadas a partir da comparação entre as condições real e de referência da edificação para então obter o percentual de acréscimo ou redução de emissão desse gás. Essa informação também vem com caráter informativo na INI-C uma vez que a classe de eficiência energética da edificação não deve se alterar com base no valor encontrado e não será aplicada no presente trabalho.

Vale ressaltar que, em 2017, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 435,8 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo a maior parte gerada no setor de transportes. (BEN, 2018)

Apesar de parecerem valores altos, a economia brasileira permanece sendo, em média, 17% menos intensa em carbono que a economia europeia, 50% menos do que a economia americana e 70% menos do que a economia chinesa com base ainda nos dados da IEA de 2015.

O setor elétrico brasileiro, por sua vez, emitiu, em média, apenas 104,4 kg CO₂ para produzir 1 MWh, um índice muito baixo quando se estabelece comparações com países da União, EUA e China. (BEN, 2018)

Para o cálculo dos consumos energéticos dos sistemas pelo novo método são apresentadas duas maneiras de avaliação: o método simplificado e o método de simulação. Ambos trazem os procedimentos para a determinação do consumo energético do sistema de condicionamento de ar a partir do valor de carga térmica anual para resfriamento obtido pela avaliação da envoltória, seguido pelos procedimentos para a determinação do consumo energético do sistema de iluminação, do consumo do sistema de aquecimento de água e do consumo de equipamentos. (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018).

2.3.1. Método Simplificado

O método simplificado, que vem para substituir o atual método prescritivo, faz juz ao nome e abrange grande parte das soluções arquitetônicas mais difundidas no mercado construtivo, bem como seus sistemas de condicionamento de ar, iluminação e aquecimento de

água. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos embasados nesse método. Bona (2017) utilizou o método simplificado para avaliar uma academia de Florianópolis-SC e Butzke (2018) analisou o projeto de um hospital em Rio do Sul-SC.

A avaliação da envoltória da edificação por esse método deve respeitar limites de aplicação. Quando as edificações são totalmente condicionadas artificialmente ou parcelas da edificação condicionadas artificialmente os limites são apresentados na Tabela 1. Já quando a ventilação é feita de forma natural ou por sistema de condicionamento híbrido, os limites se alteram.

Tabela 1 - Limites dos parâmetros pelo método simplificado

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α)	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α)	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 (CTcob)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K
Contato com o solo	Sem contato (ex.: sobre pilotis ou em balanço)	Em contato
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
Percentual de abertura zenital	0%	3%
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Caso a edificação não atenda essas especificações, deve ser avaliada conforme o método de simulação.

2.3.2. Método de Simulação

O método de simulação, por sua vez, é destinado as edificações que não atendem aos critérios de limites definidos na Tabela 1, além de edificações com formas complexas e que possuam soluções de desempenho inovadoras. Por meio de simulações, obtém-se o consumo final por uso dos sistemas individuais em energia elétrica e térmica. Os resultados são então utilizados para calcular o consumo de energia primária (CEP) da condição real e condição de referência e posteriormente é feita a classificação da edificação.

2.3.3. Classificação da Edificação pelo Consumo

A classe de eficiência pode ser obtida como uma porcentagem de economia da condição real em relação à condição de referência, sendo que quanto maior esta porcentagem, maior a eficiência energética da edificação (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pode ser obtida para todos os sistemas em conjunto, desde que seja feita a avaliação de todos os sistemas parciais aplicáveis à edificação, nesse caso denominada ENCE geral, ou para diferentes combinações entre os sistemas ou somente para a envoltória da edificação, denominada ENCE parcial. Além da edificação completa, parcelas de edificações podem ser avaliadas. Para a classificação parcial da edificação, os sistemas parciais avaliados devem compreender as mesmas parcelas da edificação para que possam fazer parte da mesma ENCE.

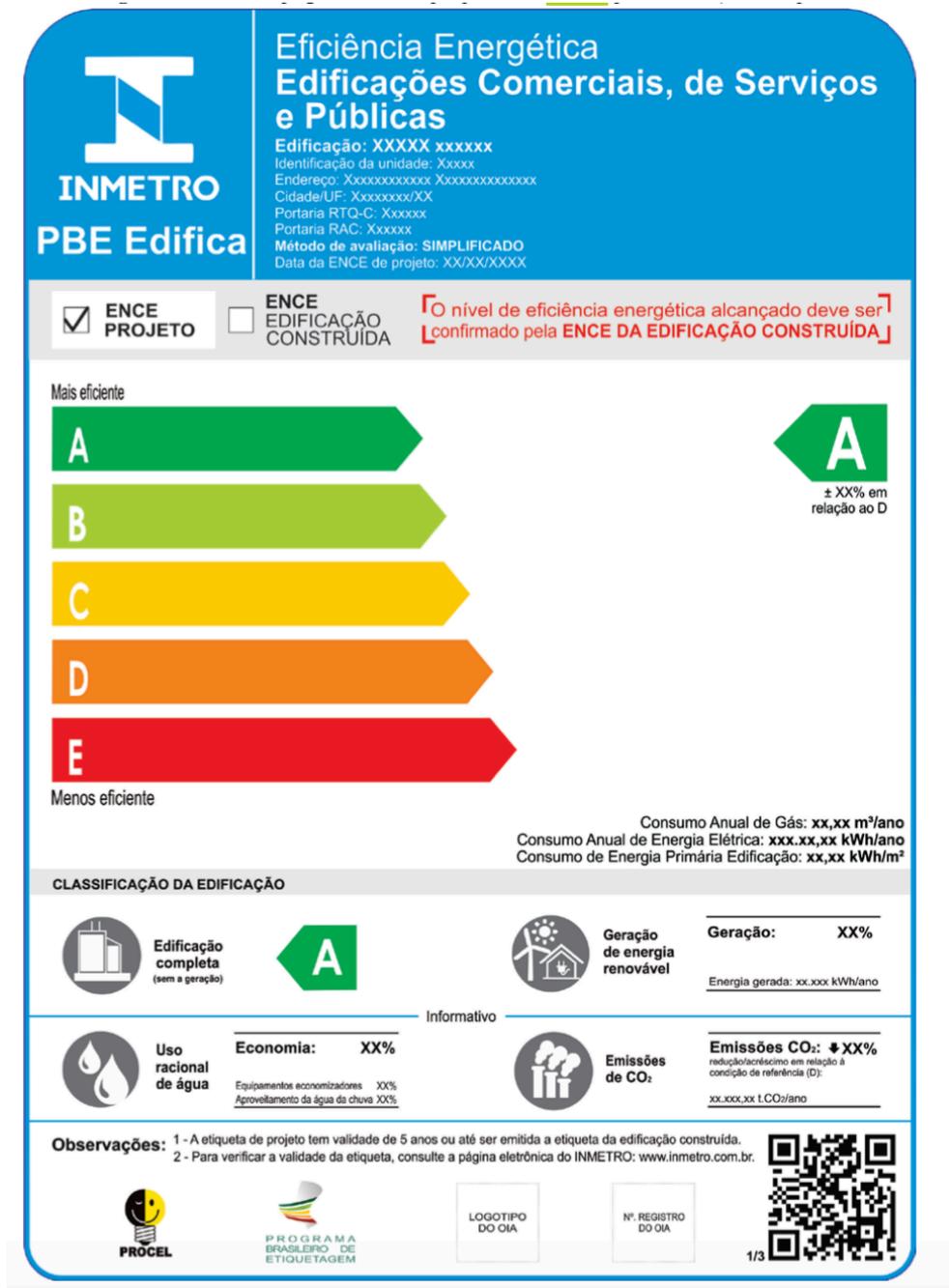
2.3.4. Nova Proposta da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Pelo novo método, a proposta é que a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) seja acompanhada de páginas complementares que tragam informações quanto as classificações parciais, consumos por uso final e as condições de avaliação (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018).

Estarão disponíveis 3 modelos da etiqueta, conforme método e sistemas classificados. A primeira, denominada ENCE principal de edificação completa, é utilizada quando todos os sistemas forem avaliados. Além dela, é proposta também a ENCE do método de simulação. Em ambas, pode ser observada a classificação geral da edificação, além do uso racional de água, a geração de energia de fontes renováveis e a redução das emissões de carbono na primeira página. Por fim, existe ainda a ENCE de avaliação parcial. A diferença é que nela, a primeira página exibe a classificação parcial de cada sistema separado, dentre os que foram

avaliados. Quanto a segunda e terceira páginas, os 3 modelos contam com as mesmas informações. Na segunda estão as classificações parciais dos sistemas da edificação e na terceira as condições de avaliação para cada sistema, da geração de energia por fontes renováveis e do uso racional da água. Os modelos estão apresentados nas figuras que segue.

Figura 9 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação completa



Fonte: INI-C, 2018

Figura 10 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação parcial



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX xxxxxx
 Identificação da unidade: Xxxxxx
 Endereço: Xxxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Cidade/UF: Xxxxxxxxx/XX
 Portaria RTO-C: Xxxxxx
 Portaria RAG: Xxxxxx
 Método de avaliação: SIMPLIFICADO/ETIQUETA PARCIAL
 Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

ENCE PROJETO

ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

O nível de eficiência energética alcançado deve ser confirmado pela ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA.

Mais eficiente

Menos eficiente

AVALIAÇÃO PARCIAL

CLASSIFICAÇÃO PARCIAL DOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO

<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> ENVOLTÓRIA Percentual de Economia XX% </div> <div style="width: 40px; height: 40px; background-color: #0070C0; color: white; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-size: 24px; margin-left: 10px;"> A </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> ILUMINAÇÃO Percentual de Economia XX% </div> <div style="width: 40px; height: 40px; background-color: #cccccc; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-size: 24px; margin-left: 10px;"> C </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> AR CONDICIONADO (REFRIGERAÇÃO) Percentual de Economia XX% </div> <div style="width: 40px; height: 40px; background-color: #0070C0; color: white; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-size: 24px; margin-left: 10px;"> B </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> AQUECIMENTO DE ÁGUA Percentual de Economia XX% </div> <div style="width: 40px; height: 40px; background-color: #cccccc; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-size: 24px; margin-left: 10px;"> C </div> </div>
--	---

Observações: 1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
 2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.com.br.











Figura 11 - Primeira página da nova proposta de ENCE para avaliação pelo método de simulação



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX xxxxxx
 Identificação da unidade: Xxxxx
 Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 Cidade/UF: XXXXXXXX/XX
 Portaria RTO-C: Xxxxxx
 Portaria RAC: Xxxxxx
 Método de avaliação: SIMULAÇÃO
 Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

ENCE PROJETO

ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

[O nível de eficiência energética alcançado deve ser confirmado pela ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA.]

Mais eficiente

A

± XX% em relação ao D

Menos eficiente

SIMULAÇÃO

Consumo Anual de Gás: xx,xx m³/ano

Consumo Anual de Energia Elétrica: xxx.xx,xx kWh/ano

Consumo de Energia Primária Edificação: xx,xx kWh/m²

CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO



Edificação completa
(sem a geração)

A



Geração de energia renovável

Geração: **XX%**

Energia gerada: xx.xxx kWh/ano

Informativo



Uso racional de água

Economia: **XX%**

Equipamentos economizadores XX%
Aproveitamento da água da chuva XX%



Emissões de CO₂

Emissões CO₂: **↓ XX%**

redução/aumento em relação a condição de referência (D):

xx.xxx,xx t.CO₂/ano

Observações: 1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
 2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.com.br.



PROCEL



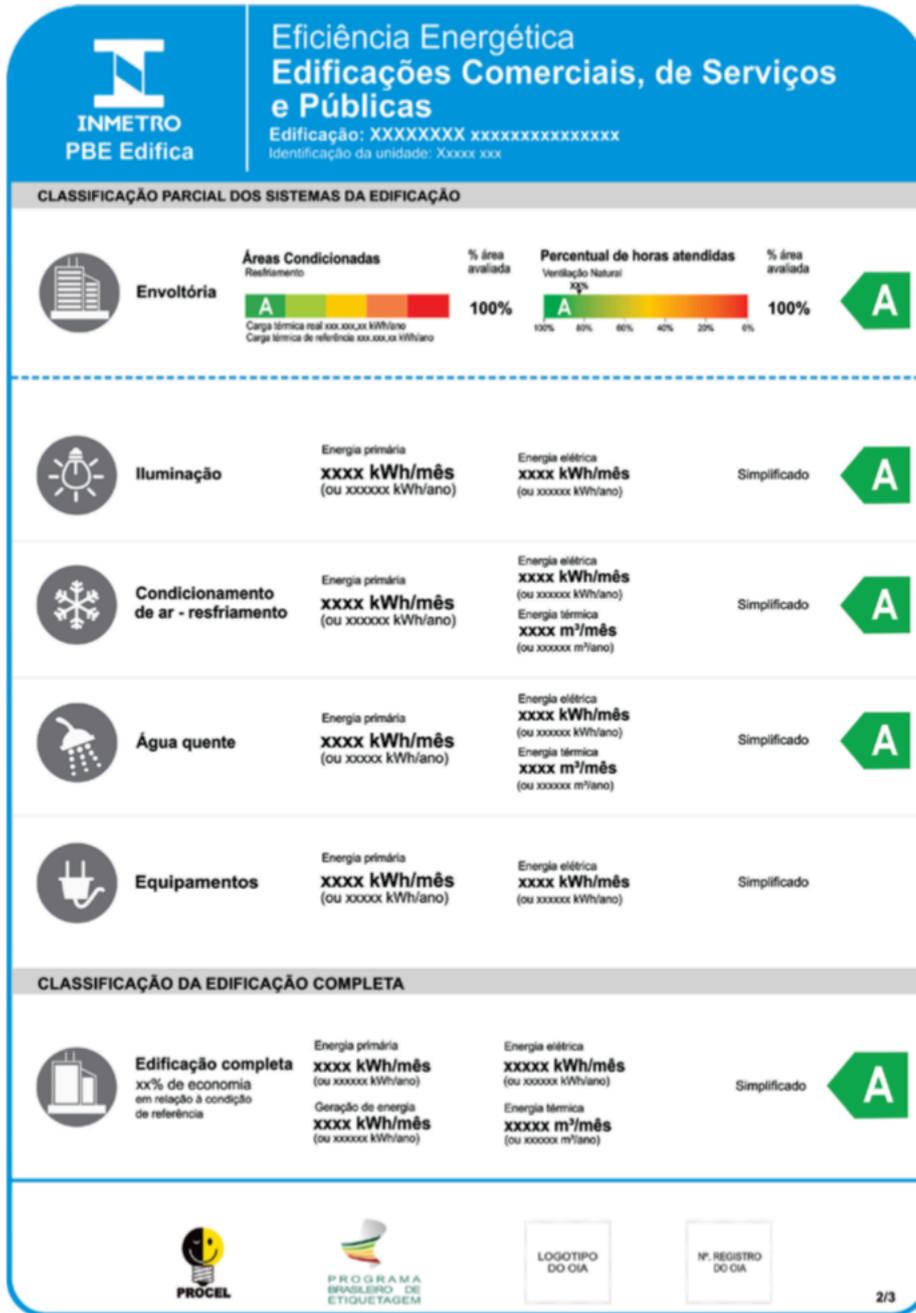
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

LOGOTIPO DO OIA

Nº REGISTRO DO OIA

Fonte: INI-C, 2018

Figura 12 - Segunda página da nova proposta de ENCE



Fonte: INI-C, 2018

Figura 13 - Terceira página da nova proposta de ENCE para avaliação completa

 Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Identificação da unidade: XXXXX XXX			
CONDIÇÃO DE AVALIAÇÃO			
ENVOLTÓRIA			
 <p>- Explicação da carga térmica. - Explicação do percentual de horas de conforto térmico (POCT). - Explicação do percentual de horas de conforto luminoso (POCI).</p> <p>Condição real - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com o projeto. - Densidade de potência em iluminação conforme projeto.</p>	<p>Condição de referência - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com os valores da tabela X (condições de referência) do RTQ-C. - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência para xxxxx tipologia) do RTQ-C.</p> <p>Em ambos modelos - Geometria (dimensões, orientação solar) e percentual de abertura na fachada conforme condição real do projeto. - Densidade de ocupação e densidade de equipamentos conforme tabela X (condição de referência) do RTQ-C.</p>		
ILUMINAÇÃO			
 <p>Condição real - Densidade de potência de iluminação conforme projeto. - Densidade de potência em iluminação em uso (quando aplicável), conforme projeto.</p>	<p>Condição de referência - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência) do RTQ-C.</p>		
CONDICIONAMENTO DE AR			
 <p>Condição real - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme projeto. - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método relativo a envoltória para o projeto edificação.</p>	<p>Condição de referência - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme tabela X (condições de referência) para xxxxx tipologia). - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método da relativo a envoltória para condições de referência.</p> <p>Em ambos modelos - Tipo e capacidade do sistema de ar-condicionado de acordo com o projeto do modelo real. - Temperatura de setpoint para resfriamento: 24°C. - Temperatura de setpoint para aquecimento: 20°C.</p>		
ÁGUA QUENTE			
 <p>- Tipo e capacidade do sistema de aquecimento de água de acordo com projeto do modelo real.</p>	<p>- Temperatura de uso de água quente conforme tabela A (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p>		
GERAÇÃO			
 <p>- Tipo de energia renovável utilizada: ex. fotovoltaica. - Características e quantidade de painéis fotovoltaicos instalados na cobertura, segundo projeto do sistema fotovoltaico.</p>	<p>- Estimativa da geração local de energia segundo laudo técnico do projetista.</p>		
USO RACIONAL DA ÁGUA			
 <p>Condição real - Vazão de dispositivos considerando eventuais equipamentos economizadores conforme projeto. - Estimativa da oferta de água pluvial conforme laudo técnico do projetista.</p>	<p>Condição de referência - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C. - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p> <p>Em ambos modelos - Número de dispositivos conforme projeto da edificação real. - Padrão de uso de dispositivos de acordo com a tabela X e Y (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C. - Densidade de ocupação conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p>		
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 50px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">LOGOTIPO DO OIA</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 50px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">Nº. REGISTRO DO OIA</div>
		3/3	

Fonte: INI-C, 2018.

2.4. Edifícios de Energia Zero (EEZ)

2.4.1. Definição

De acordo com Torcellini et al., 2006, os edifícios de energia zero (EEZ) – do inglês *zero energy building* (ZEB) – podem ser definidos de diferentes formas, dependendo dos limites e métricas utilizadas. Essas definições podem variar conforme os objetivos do projeto, dos valores da equipe técnica de design e do dono da edificação. De maneira geral, um edifício de energia zero pode ser definido como uma edificação, seja ela residencial ou comercial, com uma necessidade reduzida (ou nula) de energia elétrica devido a ganhos de eficiência de tal maneira que o gasto energético possa ser suprido com tecnologias de fontes renováveis.

As definições mais citadas / utilizadas, no entanto, são *zero-site energy* (EEZ de energia local) e *zero-source energy* (EZZ de energia primária). *Zero-site energy* significa que a energia total importada pelo edifício a partir da rede energética deve ser compensada pela produção de energia da própria edificação. Já para *zero-source energy*, a energia fornecida e retirada da rede deve considerar os fatores de conversão de energia primária, levando em consideração gastos energéticos causados na geração, transmissão e distribuição da fonte energética utilizada. (TORCELLINI et al., 2016) Essa definição, por exemplo, é atualmente utilizada pela EPBD (*Energy Performance in Building Directive*), diretiva europeia, reformulada no contexto do balanço energético quase nulo (EPBD, 2010).

Embora não haja nenhuma abordagem exata para a concepção e realização de edifícios de balanço energético nulo, existindo ainda a necessidade de uma definição mais clara e de um consenso ao nível da normalização internacional, há certo consenso que esta meta só pode ser alcançada na sequência da implementação de um design passivo e alta eficiência energética (AELENEI et al., 2012). É nessa linha de pensamento que a maior parte dos edifícios de balanço energético nulo são hoje concebidos.

O balanço energético em torno de um edifício pode ser esquematicamente representado como na Figura 14 (AELENEI E GONÇALVES, 2013). Os edifícios de balanço energético nulo trocam energia com a rede na forma de electricidade, que são convertidos em energia primária, no caso das EEZs que utilizem essa conversão. Consequentemente, o equilíbrio entre a energia fornecida ao edifício e a produzida pelo edifício pode ser entendido como:

$$\text{Balanço Energético} = \text{Energia Produzida} \times \text{FC}^* - \text{Energia Utilizada} \times \text{FC}^*$$

*FC refere-se aos fatores de conversão e são utilizados para converter as unidades físicas em outras métricas, como a energia primária ou de emissão de carbono equivalente.

Figura 14 - Representação esquemática do balanço energético nulo



Fonte: Aelenei e Gonçalves, 2013

Analisando a equação, pode-se tirar a conclusão de que os três diferentes cenários são possíveis, dependendo do valor do balanço energético. No caso de um balanço de energia anual nulo (produção igual ao consumo), o edifício é normalmente designado como de “balanço nulo” ou “*net zero*”. Um cenário em que o balanço é positivo (quando o edifício produz mais energia do que a que utiliza) o edifício é classificado como de “balanço positivo” ou “*plus energy*”. Finalmente, se o edifício cai ligeiramente abaixo do equilíbrio neutro, pode ser compreendido como um edifício de “balanço quase nulo” ou “*nearly zero*”.

Muitas são as tecnologias de fontes renováveis disponíveis para implementação em edificações de energia zero. Torcellini et al. (2006) desenvolveu um ranking (Tabela 2) com as cinco tecnologias mais aplicadas considerando os seguintes princípios:

- Minimizar os impactos ambientais incentivando os projetos de eficiência energética e reduzindo as perdas com transporte e conversão;
- Que estejam disponíveis durante toda a vida útil da edificação;
- Que sejam amplamente disponíveis e com grande potencial de replicação para futuros EEZs.

Tabela 2 - Hierarquia das opções de fontes de energia renovável para uso de EEZ

Opção Número	Opções de locais de fornecimento de energia	Exemplos
0	Reduzir consumo de energia através de tecnologias de baixo consumo de energia	Iluminação natural, sistemas de condicionamento de ar, equipamento e iluminação de alta eficiência, ventilação natural, resfriamento evaporativo.
Opções locais de fornecimento de energia		
1	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis dentro da implantação do edifício	Sistema fotovoltaico, aquecimento solar de água, e sistema eólico localizados no edifício.
2	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis dentro do terreno	Sistema fotovoltaico, aquecimento solar de água, geração hidrelétrica de baixo impacto e sistema eólico localizados no terreno, mas fora do edifício.
Opções externas de fornecimento de energia		
3	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis fora do terreno para gerar energia no terreno	Biomassa, lenha, etanol ou biodiesel podem ser importados de fora do terreno ou subprodutos do terreno que podem ser processados in loco para gerar eletricidade e calor.
4	Compra de energia renovável fora do terreno	Compra de energia gerada por sistemas eólicos, fotovoltaicos, créditos de carbono ou outras opções "verdes" para compra de energia.

Fonte: Torcellini et al. (2006), traduzida por Pacheco, Ghisi e Lamberts (2013)

2.4.2. EEZ no Brasil

Há quase 30 anos, o uso de sistemas fotovoltaicos vem sendo investigado em edifícios (HUMM; TOGGWEILER, 1993). Nos últimos anos, no entanto, com a redução dos preços dos módulos fotovoltaicos, uma consequência dos novos mercados, juntamente com a possibilidade de instalação de painéis fotovoltaicos no local onde a energia é consumida, e as novas tecnologias de módulos integrados ao edifício fazem do fotovoltaico uma tendência para o ambiente urbano (DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R, 2013).

Em 2012, com a divulgação das normas do segmento de geração distribuída pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), essa tendência aportou no Brasil em um setor no qual, até então, só havia uma saída. Dentro do chamado mercado cativo de energia, os brasileiros não tinham outra escolha a não ser consumir a energia da distribuidora de sua região ao preço que ela estipulava.

A Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012) cria novas regras e introduz o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede. Sendo assim, todo consumidor ativamente cadastrado no Ministério da Fazenda, por um CPF ou um CNPJ, passa a ter concessão para conectar um sistema gerador de energia

elétrica próprio paralelamente às redes de distribuição, desde que seja provindo de fontes renováveis. A energia excedente gera créditos que permanecem válidos por 36 meses.

Em 01 de março de 2016 entra em vigor a Resolução Normativa nº. 687 de novembro de 2015 (ANEEL, 2015). Por meio dela, a Resolução 482 da ANEEL sofre grandes atualizações, originando novos nichos de consumidores e possibilidades de negócios. Dentre as principais mudanças, destaca-se o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos, de 36 para 60 meses; a redução do período para a aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária, de 82 para 34 dias e a potência limite para micro e minigeração distribuída, além da possibilidade de gerar energia remotamente.

Apesar de não haver uma regulamentação sobre EEZ no Brasil, a INI-C, explicada anteriormente, abre a possibilidade de avaliação das edificações a partir da introdução de sistemas de geração de energia local renovável.

Torcellini et al. (2006) destacam que a produção e autosuficiência energética de um edifício não são fatores suficientes para considerar um edifício ZEB ou NZEB, e salienta que o edifício deve ser concebido de tal maneira que integre todos os condicionantes da sustentabilidade com a eficiência energética e com o desempenho de todos os sistemas da edificação.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaboração do presente trabalho é detalhada nos itens a seguir.

3.1. Escolha das unidades comerciais

As unidades foram escolhidas dentre as obras presentes no portfólio da empresa que o autor realiza seu estágio, com base nos limites especificados pela INI-C para que se enquadrassem no método simplificado. Foram selecionadas, então, duas salas comerciais localizadas no Multi Open Shopping + Offices (Figura 15), Rio Tavares, Florianópolis-SC, inaugurado em março de 2018. A cidade se localiza no grupo climático 1-B. O empreendimento se divide em três torres com subsolo, térreo, 2 pavimentos e ático, conforme ilustram as Figuras 15 e 16, sendo denominadas A, B e C. Os casos de estudo no presente trabalho são um escritório e uma cafeteria.

Foi realizado um levantamento in loco e utilizado os projetos arquitetônicos para definição das variáveis necessárias para os cálculos da classificação energética das salas comerciais. As variáveis que não puderam ser levantadas, foram estimadas ou calculadas com base no Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC) (INMETRO, 2013).

Figura 15 - Multi Open Shopping + Offices



Fonte: do Autor

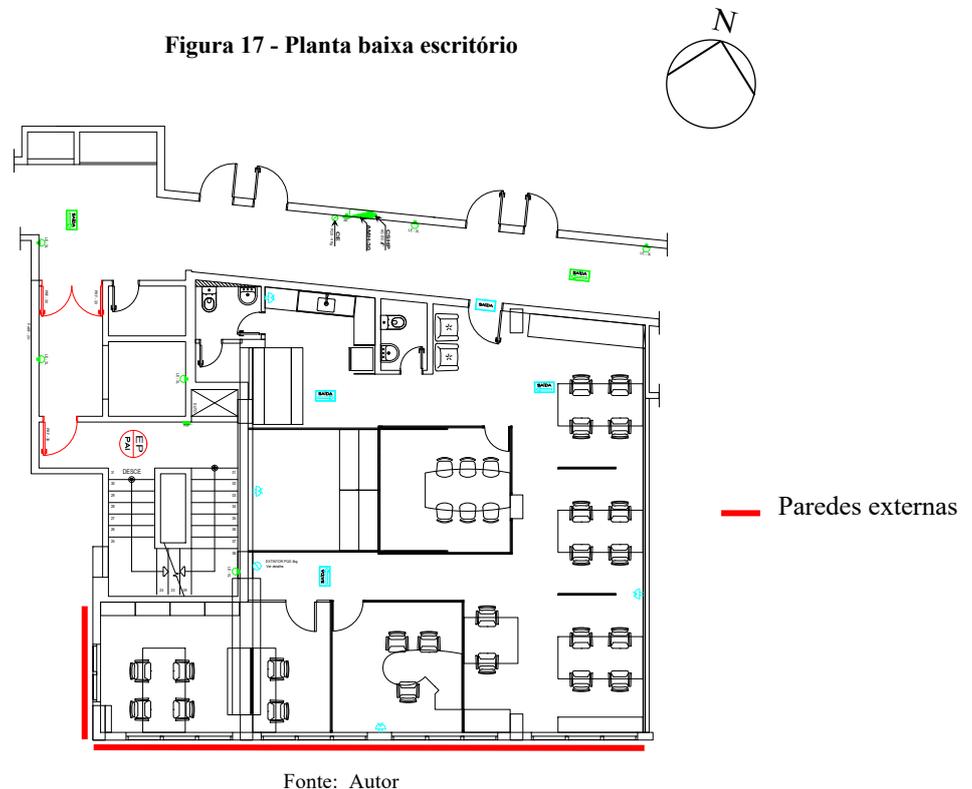
Figura 16 - Vista aérea Multi



Fonte: Google Earth, 2019

3.1.1. Escritório

O escritório selecionado está implantado no primeiro pavimento da Torre A. Trata-se da união de 3 salas comerciais. A Figura 17 retrata a planta baixa do escritório.



Finalizado, tem área total de 130m² com pé direito de 3,08m. As divisórias internas são em sua maioria vidro e não chegam até o teto, com exceção à sala central, onde foram usadas telas metálicas.

O sistema construtivo conta com estrutura de vigas e pilares em concreto armado, paredes de vedação externa em alvenaria de blocos de concreto e drywall nas paredes internas, lajes no piso e no teto do tipo alveolar pré-moldada.

Para os dados de transmitância e capacidade térmica das paredes externas foi utilizada a calculadora de propriedades da Projeteec disponível em seu site³. A descrição dos componentes e seus valores de transmitância e capacidade térmica encontram-se na Figura 18. A fachada é revestida com cerâmica que imita tijolo, por ser o mais próximo disponível, foi considerado piso cerâmico.

³ <http://projeteec.mma.gov.br/componentes-construtivos/>, acessado em 04/2019.

Figura 18 - Componentes alvenaria externa escritório

EXTERIOR			
	CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
⊗	1	Piso cerâmico 0.75	0.007
⊗	2	Argamassa 2.5	0.025
⊗	3	Bloco concreto 14x19x39 cm 14	0.16
⊗	4	Argamassa 2.5	0.025

ADICIONAR CAMADA NA BASE

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **0,43**

Atraso Térmico ϕ (horas): **4,9**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **272,1**

Transmitância Térmica (W/m²K): **2,3**




INTERIOR			
----------	--	--	--

Fonte: PROJETEEE

Já para a absorvância solar da fachada externa, foi adotado o valor de 0,5, equivalente à cor 01 do Anexo V do RAC. A cor foi escolhida por ser a mais próxima à tonalidade do revestimento cerâmico presente na fachada, como pode ser observado na Figura 19. Não foi possível obter nenhuma informação quanto as características dos vidros e, para tanto, optou-se por utilizar o Eco Lite Incolor da CEBRACE, ID 26 do Anexo V do RAC, considerado semelhante visualmente. Mello (2019) mostra, em sua dissertação, como as características dos vidros influenciam significativamente na classificação de edificações. Não há sombreamento lateral.

Figura 19 - Fachada escritório



Fonte: Autor

3.1.2. Cafeteria

A cafeteria, cuja fachada e planta baixa podem ser observadas nas Figuras 20 e 21, respectivamente, encontra-se no térreo da torre C. A loja possui 47,12 m² de área interna mais 13,3 m² de área externa (que não será contabilizada para classificação de eficiência energética) e pé-direito de 5,13m. Está localizada no térreo, sem cobertura exposta e sem contato com o solo.

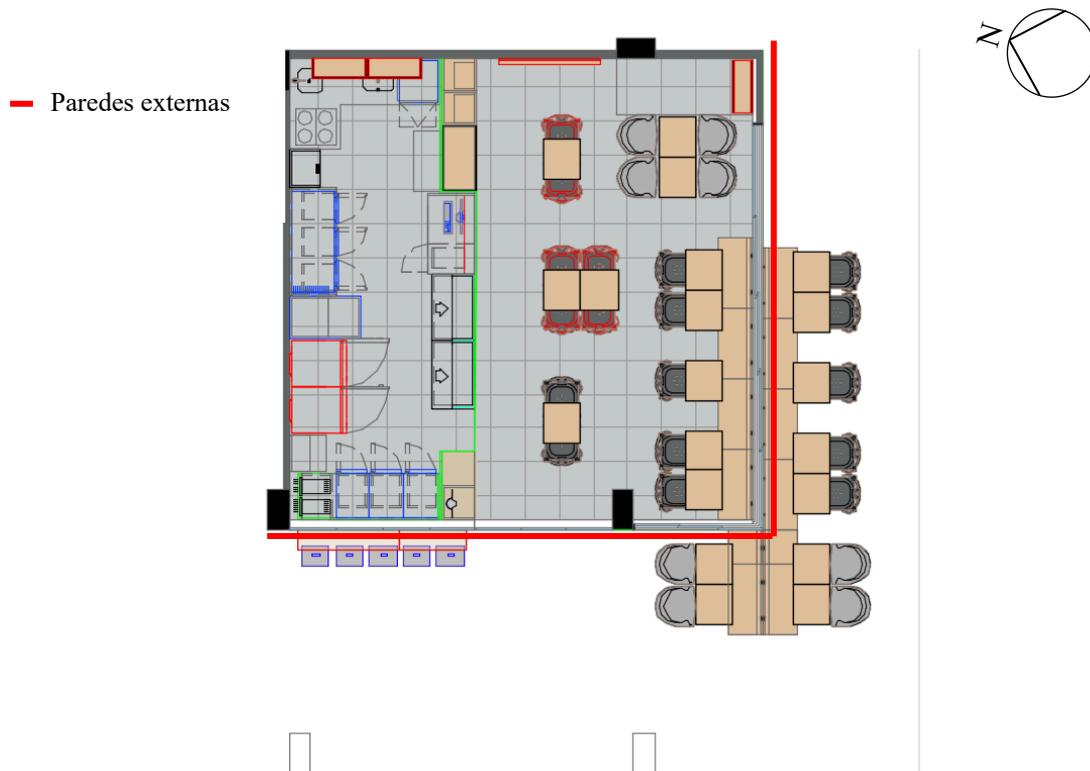
O sistema construtivo, assim como o escritório, conta com estrutura de vigas e pilares em concreto armado, paredes de vedação interna em drywall e externa com placas cimentícias, lajes no piso e no teto do tipo alveolar pré-moldada. O vidro é simples transparente com fator solar de 0,82 e transmitância térmica de 5,7 W/m².K.

Figura 20 - Fachada cafeteria



Fonte: Autor

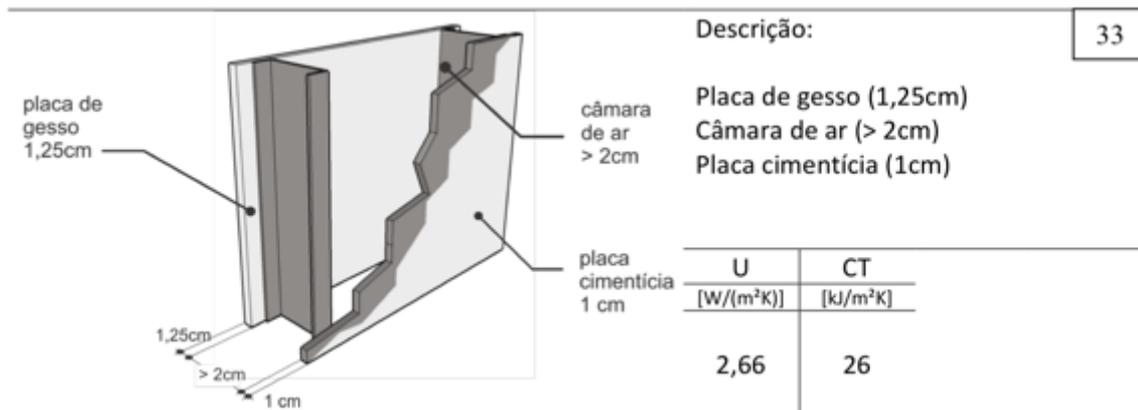
Figura 21 - Planta baixa cafeteria



Fonte: Autor

Para os dados de transmitância e capacidade térmica das paredes externas e da cobertura foi utilizada a composição 33 do Anexo V do RAC (INMETRO, 2013), que pode ser vista na Figura 22.

Figura 22 – Componentes da vedação externa cafeteria



Fonte: INMETRO

O valor de absorvância solar adotado para a fachada exposta foi de 61,1%, equivalente à cor Cinza BR, número 23 do Anexo V do RAC.

3.2. Aplicação da INI-C

Para o presente trabalho foi utilizada a versão 03 da INI-C.

3.2.1. Avaliação da Envoltória

O desempenho térmico da envoltória é definido em duas condições diferentes. Na condição real (CgT_{TREAL}) é encontrado através da carga térmica total anual da edificação levando em conta os fatores construtivos empregados na construção e podem sofrer alteração. É a condição de referência (CgT_{TREF}) que é equivalente ao valor da carga térmica de refrigeração ($CgT_{TREFRIG}$) e, nesse caso, utiliza-se de valores tabelados pré-definidos para cada tipo de edificação não podendo sofrer alterações.

A estimativa da carga térmica para refrigeração, por sua vez, baseia-se em metamodelos de análise. Esses utilizam redes neurais artificiais para diferentes realidades climáticas brasileiras, representadas pelos grupos climáticos, conforme classificação de RORIZ (2014). A interface está disponível em http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html# e os resultados da aplicação podem ser verificados no Apêndice A.

Para determinação da carga térmica foram decorridas as quatro etapas a seguir.

3.2.1.1. Definição da Tipologia da Edificação

O primeiro passo para determinação da carga térmica é a definição do uso da edificação. Em um mesmo prédio é possível que existam usos diferentes, como é o caso do presente trabalho, faz-se, então, necessário avaliar cada área conforme sua tipologia. Sendo assim, a Tabela 3 traz os valores de referência para o escritório.

Tabela 3 - Valores de referência para edificações de escritório

Uso típico	Edificações de escritórios	
	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Forma		Condição real
Orientação solar (°)		Condição real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição real
Aberturas		
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	50
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0
Componentes construtivos		
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)
Upar - Transmitância da parede externa (W/m K)	Condição real	2,39
α PAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m K)	Condição real	150
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m K)	Condição real	2,06
α COB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m K)	Condição real	233
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m K)	Condição real	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real
Iluminação e ganhos		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m) **	Condição real	14,1***
Ocupação (m ² /pessoa)	10,0	10,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m)	9,7	9,7
Horas de ocupação (horas)		10
Dias de ocupação (N _{ono})****		260
Condição do piso		Condição real
Condição da cobertura		Condição real
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento
Condicionamento de ar (refrigeração)		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)		24,0
Aquecimento de água*****		
		-

* A utilização do ângulo de obstrução vertical (AOV) é opcional e deve seguir as diretrizes do RAC.

** Caso a avaliação seja realizada somente para a envoltória, deve-se adotar na condição real a mesma densidade de potência de iluminação (DPI) da condição de referência.

*** Adotar este valor para a avaliação parcial da envoltória e para a utilização do método do edifício completo (Item C.II.2). Para o método da atividade dos edifícios e o método da potência ajustada, devem ser adotados os valores de potência de iluminação limite (DPI_l) para a classe D.

**** Os dias de ocupação desta tipologia foram calculados com base na média de dias de semana por ano, excluindo-se os fins de semana.

***** Tipologia com consumo de água quente não significativo para a avaliação do sistema.

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Como na INI-C não existe uma utilização denominada cafeteria, optou-se, então, para o café, por utilizar os valores para edificações de alimentação (restaurante). A Tabela 4 traz os valores de referência para edificações de alimentação.

Tabela 4 – Valores de referência para edificações de alimentação

Uso típico	Edificações de alimentação	
	Condição real	Condição de referência
		Restaurantes
Geometria		
Forma	Condição real	
Orientação solar (°)	Condição real	
Pé-direito (piso a teto) (m)	Condição real	
Aberturas		
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	40
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0
Componentes construtivos		
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)
Upar - Transmitância da parede externa (W/m K)	Condição real	2,39
α PAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m K)	Condição real	150
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m K)	Condição real	2,06
α COB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m K) *	Condição real	233
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m K)	Condição real	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	
Iluminação e ganhos		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m) **	Condição real	13,9***
Ocupação (m /pessoa)	5,0	5,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m)	40,0	40,0
Horas de ocupação	8	
Dias de ocupação (N _{ano})****	350	
Condição do piso	Condição real	
Condição da cobertura	Condição real	
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento
Condicionamento de ar (refrigeração)		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura setpoint (°C)	24,0	
Aquecimento de água		
Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação ^a	Condição real	0,95
Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação ^b	Condição real	0,85

Uso típico	Edificações de alimentação	
	Condição real	Condição de referência
		Restaurantes
Temperatura de armazenamento	60 °C	
Temperatura de uso de água quente (°C)	38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)	
Temperatura de uso de água fria (°C)	Condição real	
Perdas na tubulação – sistema sem acumulação	Condição real	0
Perdas de armazenamento – sistema sem acumulação	Condição real	0
Perdas da recirculação – sistema sem acumulação	Condição real	0
Perdas na tubulação – sistema com acumulação	Condição real	Isolamento de 5 mm
Perdas de armazenamento – sistema com acumulação	Condição real	
Perdas da recirculação – sistema com acumulação	Condição real	

* A utilização do ângulo de obstrução vertical (AOV) é opcional e deve seguir as diretrizes do RAC.

** Caso a avaliação seja realizada somente para a envoltória, deve-se adotar na condição real a mesma densidade de potência de iluminação (DPI) da condição de referência.

*** Adotar este valor para a avaliação parcial da envoltória e para a utilização do método do edifício completo (Item C.H.2). Para o método da atividade dos edifícios e o método da potência ajustada devem ser adotados os valores de potência de iluminação limite (DPI_l) para a classe D.

**** Os dias de ocupação desta tipologia foram calculados com base na média de dias úteis por ano.

^a Sistema de referência: chuveiro elétrico

^b Sistema de referência: boiler elétrico.

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2019

3.2.1.2. Zonas Térmicas

Após a definição da tipologia, as zonas térmicas foram divididas de acordo com os parâmetros que as definem e suas áreas foram calculadas. No caso desse trabalho, só foram consideradas as áreas condicionadas.

As zonas térmicas foram então separadas conforme as áreas perimetrais e espaços internos. As zonas perimetrais são limitadas em espaços de 4,50 m de profundidade (com tolerância de 1,5m) com relação à parede externa, incluindo toda a área de piso que se encontra nessa distância, exceto se houver mudança de orientação solar no espaço. As zonas térmicas internas são os espaços localizados além desses 4,5 m. Caso a largura ou comprimento do ambiente analisado seja menor que 9,00 m, existe apenas zonas perimetrais. Ademais, as zonas térmicas devem ser separadas sempre quando houver mudanças:

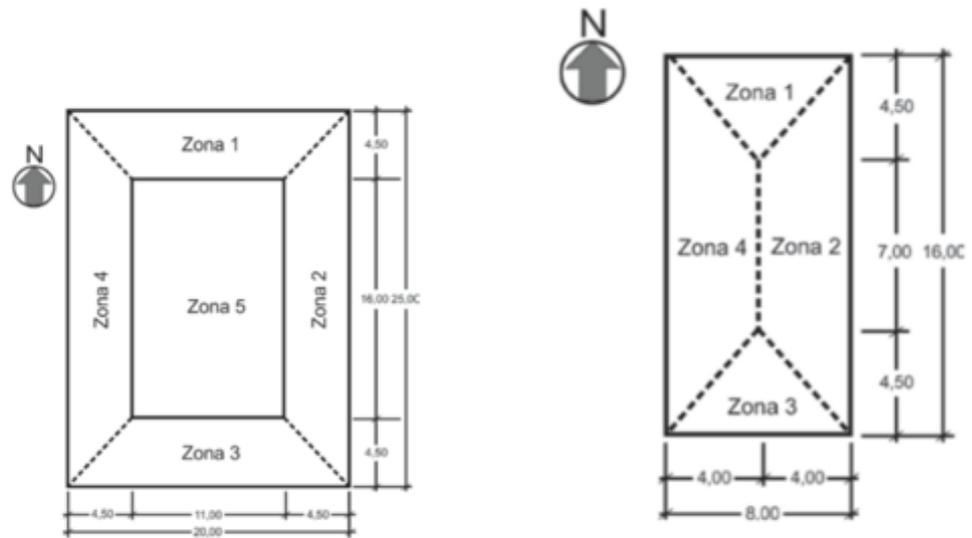
- No padrão de ocupação;
- No tipo e/ou especificação técnica do sistema de refrigeração;
- Na densidade de potência em iluminação e de equipamentos (DPI e DPE).

Além disso, foram consideradas zonas térmicas separadas em:

- Espaços com pisos em contato com o solo ou em contato com o exterior;
- Espaços com coberturas em contato com o exterior;
- Espaços em contato com ambientes não condicionados.

A seguir, a Figura 23 (a e b) exemplifica esse método de separação das zonas térmicas.

Figura 23 - Divisão das zonas térmicas para análise



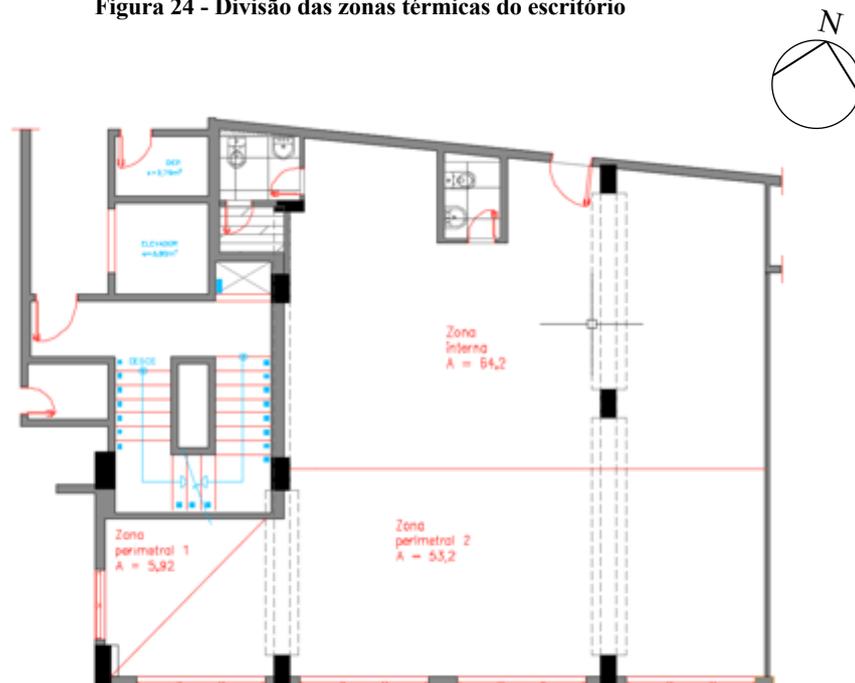
a) Zonas de 1 a 4 são perimetrais e 5 é interna.

b) Todas são internas.

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Para o escritório, portanto, tem-se a seguinte configuração, como demonstrada na Figura 24.

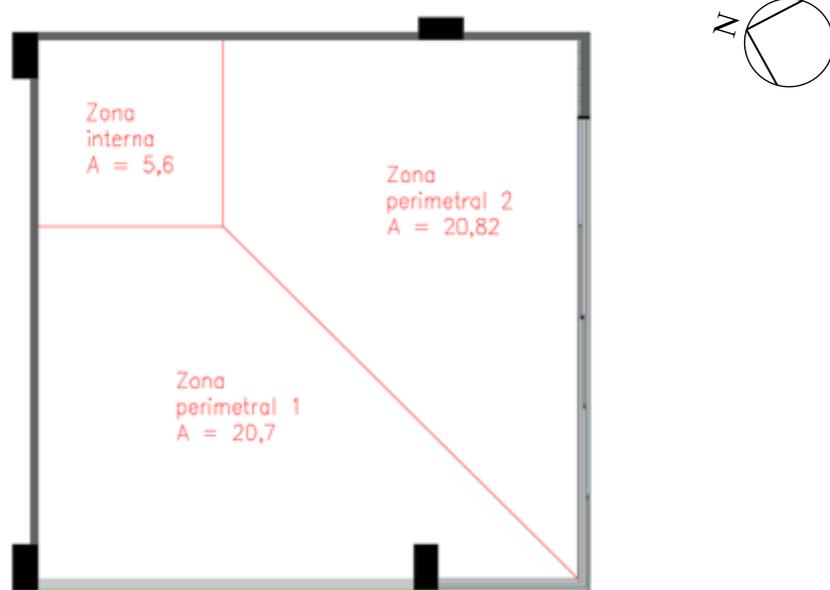
Figura 24 - Divisão das zonas térmicas do escritório



Fonte: Autor

A Figura 25 mostra como ficou a divisão das zonas térmicas para o café.

Figura 25 - Divisão das zonas térmicas do café



Fonte: Autor

3.2.1.3. Carga Térmica Total da Edificação

Definidos os parâmetros, estes devem ser inseridos na interface do metamodelo disponibilizado pelo PBE Edifica (CB3E,2019) (Figura 26) onde serão obtidos os valores anuais de densidade de carga térmica para refrigeração (DCgT) para cada uma das zonas analisadas. No Apêndice A podem ser encontradas as figuras que apresentam os resultados da utilização do metamodelo para obtenção dos valores de carga térmica reais e de referência para as zonas do escritório e do café.

Figura 26 - Interface WEB para cálculo da carga térmica anual da envoltória

Fonte: PBE Edifica, 2019

Os dados de entrada para o escritório e para o café podem ser verificados nas Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente, tanto na condição de referência quanto na condição real.

Tabela 5 - Dados de entrada do escritório na interface

Característica	Condição de Referência			Condição Real		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Área (m ²)	5,92	53,20	64,20	5,92	53,20	64,20
Contato solo?	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Sobre pilotis?	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Isolamento no piso?	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Característica	Condição de Referência			Condição Real		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Transmitância da parede	2,39	2,39	NA	2,66	2,66	NA
Capacidade térmica da parede	150,00	150,00	NA	26,00	26,00	NA

Fonte: Autor

A seguir, os valores obtidos em kWh/m².ano foram transformados em um valor de carga térmica anual para refrigeração proveniente de toda a edificação (kWh/ano), como mostra a Equação 1.

$$CgT = \sum DCgT \times \text{Área}ZT \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

CgT é a carga térmica total para refrigeração (kWh/ano);

$DCgT$ é a densidade de carga térmica de cada uma das zonas de análise (kWh/m².ano);

$\text{Área}ZT$ é a área de cada uma das zonas térmicas de análise (m²);

3.2.1.4. Determinação das escalas e classe de eficiência da envoltória

Como mencionado anteriormente, a envoltória da edificação é avaliada em dois cenários distintos: um utilizando as características reais da edificação, condição real, e o outro utilizando as características da condição de referência apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Para elaboração da escala relativa à classificação da envoltória da edificação deve-se considerar as cargas térmicas totais anuais nestes dois cenários.

Primeiro é preciso determinar o fator de forma (FF) da edificação por meio do cálculo demonstrado na Equação 2.

$$FF = \left(\frac{A_{env}}{V_{tot}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

FF é o fator de forma da edificação;

A_{env} é a área da envoltória (m²);

V_{tot} é o volume total construída da edificação (m³).

Depois é necessário obter o coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A ($CRCT_{D-A}$) conforme o fator de forma, tipologia e o grupo climático no qual a edificação está inserida. Esse coeficiente pode ser obtido através da Tabela 7 para o escritório e na Tabela 8 para o café.

Através da Equação 3, é definido o intervalo dentro do qual a edificação proposta será classificada. Ele será subdividido em 3 partes, cada uma representa uma classe da escala de eficiência, que varia de A até D. Caso a condição real apresente carga térmica total superior à condição de referência, sua classificação final será E.

$$i = \left(\frac{CgT_{TREF} \times CRCgCgT_{D-A}}{3} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

CgT_{TREF} é a carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$CRCgCgT_{D-A}$ é o coeficiente de redução de carga térmica anual da classe D para a classe A.

Feito isso, é possível comparar a carga térmica total anual em sua condição real, identificando a classe de eficiência da edificação, conforme limites apresentados na Tabela 9.

Tabela 7 - Coeficiente de redução de classe D para classe A - Escritórios

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT _{D-A})				
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	0,40 < FF ≤ 0,50	FF > 0,50
GCL 1-B	0,23	0,25	0,27	0,27	0,27

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Tabela 8 - Coeficiente de redução de classe D para classe A - Alimentação

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT _{D-A})				
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	0,40 < FF ≤ 0,50	FF > 0,50
GCL 1-B	0,29	0,28	0,26	0,23	0,23

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Tabela 9 - Limite de intervalos para cada classe de avaliação da envoltória

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$> CgT_{TREF} - 3i$	$> CgT_{TREF} - 2i$	$> CgT_{TREF} - i$	$> CgT_{TREF}$
Limite inferior	$< CgT_{TREF} - 3i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF}$	-

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

3.2.2. Avaliação do Sistema de Condicionamento de Ar

A INI-C divide a avaliação do sistema de condicionamento de ar em dois grupos: os sistemas etiquetados pelo INMETRO e os condicionadores de ar que não receberam etiquetas do INMETRO. O condicionamento de ar das edificações objeto de estudo é feito por splits, portanto, no presente trabalho não serão abordadas edificações com sistemas não etiquetados.

É indicado que se siga os seguintes passos para a correta determinação da eficiência energética dos sistemas de condicionamento de ar (SPLV) da edificação:

- Verificar a classe de eficiência dos condicionadores em questão na página eletrônica do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>), considerando a última versão publicada;
- Fazer um levantamento dos condicionadores de ar regulamentados presentes na edificação com seu respectivo coeficiente de eficiência energética;
- Calcular uma média entre os diferentes coeficientes de eficiência energética e o número de aparelhos;
- Determinar a classe alcançada;
- Em caso de obtenção da classe A, deve-se verificar o atendimento dos requisitos mínimos apresentados na INI-C. Caso não sejam atendidos, o sistema será classificado como B.

O escritório possui condicionamento de ar realizado por 7 máquinas do tipo Split sendo 1 da Samsung modelo AS09UWBVN XAZ de 9.000 BTUs de potência, classe A de eficiência energética pelo INMETRO, 1 da marca Midea modelo 42MDQA12MS de 12.000 BTUs, classe C, 2 da marca Philco modelo PAC18000QFM6 de 18.000 BTUs, classificados como A e 3 da marca Comfee sendo 1 modelo 42MMCB12F5 de 12.000 BTUs, classificado como C e 2 do modelo 42MMCA7F5 de 7.000 BTUs, classificados como C em eficiência. A

Tabela 10 traz os coeficientes de eficiência energética de cada aparelho, baseada nos valores disponibilizados na página do INMETRO.

Tabela 10 - Classificação da eficiência energética de condicionadores de ar do escritório

Modelo	Quantidade	COP	Consumo (kWh/mês)	Classificação
AS09UWBVN XAZ	1	3,86	15	A
42MDQA12MS	1	2,83	26,1	C
PAC18000QFM6	2	3,47	31,4	A
42MMCB12F5	1	2,89	25,6	C
42MMCA7F5	2	2,81	15,3	C

Fonte: Autor

O condicionamento de ar do café, por sua vez, é feito por uma máquina tipo Split da marca Elgin com 30.000 BTUs de potência. A Tabela 11 apresenta o coeficiente de eficiência energética do aparelho.

Tabela 11 – Classificação da eficiência energética de condicionadores de ar do café

Modelo	Quantidade	CCE	Consumo (kWh/mês)	Classificação
HLFI30B2FA	1	3,27	56,5	A

Fonte: Autor

Nesse caso, por só haver um condicionador de ar, não é necessário fazer a média.

O valor de COP para a condição de referência, ou seja, Classe D como explicado anteriormente, deve ser obtido, também, através da página eletrônica do INMETRO, conforme Figura 27.

Figura 27 - Classificação dos condicionadores de ar

CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		
A	3,23	$<CEE$	
B	3,02	$<CEE \leq$	3,23
C	2,81	$<CEE \leq$	3,02
D	2,60	$\leq CEE \leq$	2,81

Fonte: INMETRO, 2019

3.2.2.1. Determinação do consumo energético do sistema de condicionamento de ar

O consumo de energia elétrica ou térmica do sistema de condicionamento de ar é obtido pela divisão entre a carga térmica total anual da edificação proveniente da envoltória e a eficiência energética do sistema, conforme Equação 4.

$$CCA(E \text{ ou } T) = \frac{C_{gTT}}{SPLV} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

CCA é o consumo de energia elétrica ou térmica do sistema (kWh/ano);

C_{gTT} é a carga térmica total anual (kWh/ano);

SPLV é a eficiência energética do sistema.

3.2.2.2. Requisito mínimo para obtenção da classe A de eficiência energética

Ainda de acordo com a INI-C, para que seja elegível à classe “A” de eficiência energética, o sistema de condicionamento de ar, quando etiquetado pelo INMETRO deve atender as espessuras mínimas de isolamento térmico de tubulações para a condução de fluidos (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018), apresentado na Tabela 12. Esse requisito deve ser verificado por equipamento.

Tabela 12 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para condicionadores de ar do tipo expansão direta

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento térmico		Diâmetro nominal da tubulação (mm)		
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	≤ 10	> 10 e ≤ 30	> 30
0 < T < 16	0,032 a 0,040	20	0,9	1,3	1,9

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Para isolamentos térmicos cuja condutividade térmica esteja fora das faixas estabelecidas, a espessura deverá ser obtida através do cálculo apresentado na instrução normativa.

3.2.3. Avaliação do Sistema de Iluminação

O método simplificado apresenta três formas de avaliar o desempenho do sistema de iluminação artificial de ambientes internos. O primeiro, de mais rápida aplicação, é denominado método do edifício completo. Ele é empregável a edifícios com no máximo três atividades principais distintas. O segundo é o método das atividades do edifício, que separa os ambientes conforme seus usos específicos ou somam-se as áreas que são utilizadas para uma mesma atividade e, por fim, é citado o método da potência ajustada, que é complementar ao método das atividades do edifício, sendo indicado para casos onde há necessidades especiais de iluminação. Como nas obras estudadas no presente trabalho existe uma atividade principal que também é a grande consumidora de energia, será empregado o método do edifício completo.

3.2.3.1. Método do Edifício Completo

O método do edifício completo avalia conjuntamente todos os ambientes da edificação e atribui um valor limite para tal. Esse método deve ser empregado em edificações nas quais o número de atividades principais seja menor ou igual a 3, ou para atividades que ocupem mais de 30% de toda a área do edifício e não se aplica às avaliações de parcelas de edificações que incluem apenas áreas de uso comum.

Iniciando o procedimento de análise pelo método do edifício completo se faz necessário identificar as atividades principais da edificação de acordo com a Tabela 13, bem como a respectiva densidade de potência de iluminação limite para a condição de referência, e

a condição equivalente à classe A. Caso não esteja listada a atividade da edificação, deve-se adotar uma equivalente desde que se justifique e comprove essa equivalência.

Tabela 13 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para a classe de eficiência pretendida

Função do Edifício	DPI _L Classe A (W/m)	DPI _L Classe B (W/m)	DPI _L Classe C (W/m)	DPI _L Classe D (W/m)
Escritório	8,5	10,4	12,2	14,1
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2019

Dando prosseguimento a metodologia, deve-se determinar a área iluminada (A_I) da edificação para cada uma das atividades. Caso exista apenas uma atividade principal, o método indica que se multiplique a área iluminada pela densidade de potência limite (DPI_{LREF}) para encontrar a potência limite da edificação, conforme representado na Equação 5, que é equivalente à potência total instalada (PI_{TREF}). O mesmo deve ser feito para a condição equivalente a classe A para se obter a potência total nesse cenário (PI_{TA}).

$$P_L = (A_I \times DPI_L) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

P_L é a potência limite;

A_I é a área iluminada;

DPI_L é a densidade de potência limite.

Por fim, determinar-se-á a classe da edificação pelo valor de sua potência total instalada (PI_T) que deve ser menor que a potência limite da edificação de referência da classe imediatamente inferior e maior que a imediatamente superior, quando aplicável (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018), conforme a Tabela 13.

3.2.3.2. *Determinação do consumo energético total de iluminação*

Para o cálculo do consumo total referente ao sistema de iluminação do edifício estudado, realiza-se a multiplicação da potência total instalada, conforme exposto

anteriormente, pelas horas de uso durante o dia vezes a quantidade total de dias em que o sistema entra em funcionamento durante o ano, como demonstra a Equação 6.

$$CIL = PI_T \times (h \times N_{ano}) \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

CIL = Consumo do sistema de iluminação (kW/ano);

PI_T = Potência total instalada (kW);

h = horas de uso da edificação por dia (horas);

N_{ano} = dias de uso durante o ano.

3.2.3.3. *Requisitos mínimos para obtenção de classe A de eficiência energética do sistema de iluminação*

Para que uma edificação seja elegível à classe A de iluminação, esta deve atender a três requisitos, quando aplicáveis, em pelo menos 80% dos ambientes da edificação, mesmo que não se opte por computar a economia gerada pelo uso de dispositivos de iluminação. São eles: a divisão dos comandos de iluminação, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema de iluminação.

3.2.3.4. *Determinação das escalas e classe de eficiência do sistema de iluminação*

O sistema de iluminação também pode ser classificado de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Da mesma forma, é avaliado em duas condições: a condição real, com características reais da edificação; e a condição de referência (que representa a classe D), conforme o método escolhido.

A classe de eficiência energética do sistema é definida a partir do valor resultante da potência instalada total, considerando os sistemas de controle da edificação, na condição real (PI_T). A potência instalada na classificação A e na condição de referência (classe D), deverão ser calculadas com base nas tabelas do método selecionado para avaliar esses sistemas.

Assim, o intervalo, quando encontrado, será dividido em três partes (i), sendo que cada parte se refere a uma classe da escala que varia de A a D. Como visto anteriormente, caso a condição real extrapole o calculado em D, sua classificação será E. O intervalo (i), pode ser calculado de acordo com a Equação 7.

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

i é o coeficiente que representa os intervalos entre classes;

PI_{TREF} é a potência instalada total considerando-se a condição de referência D do método escolhido;

PI_{TA} é a potência instalada total considerando-se a classe A do método escolhido.

Encontrado o valor de i , é possível preencher a Tabela 14 e encontrar a classe de eficiência do sistema para a edificação avaliada.

Tabela 14 - Limite de intervalos para a classificação do sistema de iluminação

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> PI_{TREF} - 3i$	$> PI_{TREF} - 2i$	$> PI_{TREF} - i$	$> PI_{TREF}$
Limite inferior	$< PI_{TREF} - 3i$	$\leq PI_{TREF} - 2i$	$\leq PI_{TREF} - i$	$\leq PI_{TREF}$	–

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

3.2.4. Avaliação do Sistema de Aquecimento de Água

A INI-C apresenta também o método de avaliação do sistema de aquecimento de água, no entanto, como visto nas observações da Tabela 3, a tipologia de escritório não apresenta consumo significativo de água quente para avaliação do sistema. Quanto ao café, especificamente no caso avaliado no trabalho, não há sistema de aquecimento de água e, portanto, também não se aplica.

3.2.5. Consumo de equipamentos

O consumo de energia elétrica dos equipamentos é determinado pela Equação 8, multiplicando-se a potência instalada do equipamento e o tempo de uso da edificação, adotando os valores estabelecidos para as tipologias de referência descritas no método.

$$CEQ = P_i \times (h \times N_{ano}) \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

CEQ é o consumo de energia elétrica de equipamentos (kWh/ano);

Pi é a potência instalada do equipamento (W);

h são as horas de uso da edificação (horas);

N ano dias de ocupação ao ano.

3.2.6. Classificação da Edificação

A classificação das edificações é baseada em quatro sistemas principais como visto anteriormente: envoltória; sistema de condicionamento de ar; sistema de iluminação e sistema de água quente. O consumo em energia primária (CEP) do edifício na condição real (CEP_{REAL}) e o de referência (CEP_{REF}) devem ser determinados através da Equação 9, e são definidos pela soma do consumo estimado de energia elétrica e térmica, multiplicado por seus respectivos fatores de conversão apresentados na Tabela 13. Quando há geração local de energia, a produção é subtraída do valor do consumo total (CTE).

$$CEP_{REAL\ ou\ REF} = (CTE_E \times fcE) + (CTE_T \times fcT) \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

CEP é o consumo de energia primária da edificação avaliada (kWh/ano);

CTE_E é o consumo total de energia elétrica da edificação avaliada (kWh/ano);

CTE_T é o consumo total de energia térmica da edificação avaliada (kWh/ano);

fcE é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

fcT é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

Tabela 15 - Fatores de conversão para energia primária

Fonte de energia	Fator de conversão	
	fcE	fcT
Energia elétrica	1,6	
Energia térmica - Gás Natural (GN)		1,1
Energia térmica – Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)		1,1

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Prosseguindo, faz-se necessário calcular o percentual de redução do consumo de energia primária ($PRCEP_{REAL-D}$) da edificação em sua condição real (CEP), para a condição de referência (CEP_{REF}), por meio da Equação 10.

$$PRCEP = PRCEP_{REAL-D} = 1 - \frac{CEP}{CEP_{REF}} \times 100 \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

$PRCEP_{REAL-D}$ é o percentual de redução do consumo de energia primária da edificação em sua condição real;

CEP é o consumo de energia primária da edificação em sua condição real (kWh/ano);

CEP_{REF} é o consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência (kWh/ano).

Com o FF e as Tabelas 14 (escritório) e 15 (café) é obtido um coeficiente de redução do consumo de energia primária da classe D para a classe A ($CRCEP_{D-A}$) e calcula-se o intervalo dentro do qual a edificação proposta será classificada.

Tabela 16 - Coeficiente de redução do consumo de energia primária - Escritório

Grupo Climático	Coeficiente de redução de consumo de energia primária da classe D para a classe A ($CRCEP_{D-A}$)				
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$	$FF > 0,50$
GCL 1-B	0,30	0,32	0,34	0,35	0,36

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Tabela 17 - Coeficiente de redução do consumo de energia primária – Alimentação

Grupo Climático	Coeficiente de redução de consumo de energia primária da classe D para a classe A ($CRCEP_{D-A}$)				
	$FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$	$0,50 < FF \leq 0,60$	$FF > 0,60$
GCL 1-B	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

Feito isso, foi preenchida a Tabela 18 e comparado o consumo de energia primária (CEP_{REAL-D}) com os limites encontrados para enfim classificar a edificação.

Tabela 18 - Escala para classificação de eficiência energética da edificação

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$> CEP_{REF} - 3i$	$> CEP_{REF} - 2i$	$> CEP_{REF} - i$	$> CEP_{REF}$
Limite inferior	$< CEP_{REF} - 3i$	$\leq CEP_{REF} - 2i$	$\leq CEP_{REF} - i$	$\leq CEP_{REF}$	-

Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA, 2018

3.2.7. Geração de Energia Local com Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico

Os critérios para avaliação do uso de sistemas de geração de energia local por meio de fontes renováveis em edificações comerciais, de serviço e públicas podem ser encontrados no Anexo D da INI-C. O complexo avaliado nesse trabalho não possui geração local de energia de nenhuma forma. No entanto, na intenção de tornar as salas EEZs, foram dimensionados sistemas fotovoltaicos que atendessem a demanda anual de energia elétrica.

O dimensionamento descrito a seguir foi elaborado conforme a publicação de Marinoski Salamoni e Ruther (2004) e é o mesmo utilizado em outros trabalhos de conclusão de curso como Pacheco (2018). A área dos módulos a ser instalada foi estimada através do cálculo da potência nominal – gerada a partir da radiação solar - necessária para suprir o consumo energético anual das salas comerciais. O consumo de energia elétrica em kWh/ano foi utilizado como dado de demanda energética ao longo do ano. A equação 11 expressa a potência nominal instalada (P_{CC}) necessária para atender a demanda da edificação.

$$P_{CC} = \frac{\left(\frac{E}{G}\right)}{R} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

P_{CC} = Potência média necessária (kW_{pcc});

E = Consumo de energia elétrica anual (kWh/ano);

G = Ganho por radiação solar anual (kWh/m²/ano);

R = Rendimento do sistema (%).

O rendimento do sistema foi calculado a partir dos valores médios dos fatores de perdas quantificados pela Sociedade Alemã de Energia Solar (DGS, 2013), descritos na Tabela 19.

Tabela 19 - Fatores de perdas para sistemas fotovoltaicos

Fatores de perda	Varição	Valor médio
Sombreamento	0,0 - 5,0 %	2,5 %
Sujidade	1,0 - 3,0 %	2,0 %
Reflexão	3,0 - 5,0 %	4,0 %
Varição do espectro AM 1.5	1,0 - 2,0 %	1,5 %
Descascamento (<i>Mismatch</i>)	0,5 - 2,5 %	1,5 %
Condições diferentes das padrões de teste	4,0 - 9,0 %	6,5 %
Perdas c.c.	0,5 - 1,5 %	1,0 %
Perdas na conversão de energia	0,5 - 3,0 %	1,8 %
Perdas no inversor	3,0 - 7,5 %	5,3 %
Perdas na fiação elétrica	0,2 - 1,5 %	0,9 %

Fonte: DGS, 2013

Tendo em vista estes valores médios, o rendimento total do sistema foi de 73%. A equação 12 representa a área necessária dos módulos fotovoltaicos (A_{total}), em função da potência nominal (P_{cc}) e da eficiência dos módulos escolhidos (E_{ff}).

$$A_{total} = \frac{P_{cc}}{E_{ff}} \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

A_{total} = Área de módulos (m^2);

P_{cc} = Potência média necessária (kW_{pcc});

E_{ff} = Eficiência do módulo (%).

Por fim, o indicador do potencial de geração de energia elétrica com uso de fontes locais de energia renovável representa a porcentagem de energia consumida pela edificação que supostamente seria atendida pela geração local e é exposta nas ENCEs das salas. No presente TCC será utilizado a EEZ de geração local, sem levar em conta a transformação para energia primária.

As médias mensais de irradiação solar, num plano orientado para norte, com $27,7^\circ$ de inclinação em relação à horizontal, estão apresentadas na Tabela 20. A inclinação de $27,7^\circ$ é referente à latitude e é recomendada para se ter um maior ganho de radiação durante o ano.

Tabela 20 - Médias mensais de irradiação solar para o bairro Rio Tavares, Florianópolis- SC, para uma inclinação de 27,7° N, em (kWh/m2.dia).

Janeiro	4,26
Fevereiro	5,25
Março	5,05
Abril	4,53
Maió	4,05
Junho	3,58
Julho	3,64
Agosto	4,24
Setembro	3,99
Outubro	4,35
Novembro	5,17
Dezembro	5,34
Anual	4,54

Fonte: LABREN, 2019

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que fosse possível avaliar as salas comerciais em questão, necessitou-se primeiramente analisar se enquadrariam nos limites do método simplificado. Caso algum dos pré-requisitos não fosse atendido as salas não poderiam ter sido classificadas através deste método e seria necessário recorrer para o método de simulação.

A Tabela 21 representa a verificação quanto aos limites impostos pelo método. Com isso, a envoltória e os sistemas já citados puderam ser avaliados de acordo com as diretrizes da INI-C para classificação da eficiência energética da edificação.

Tabela 21 - Verificação dos requisitos para aplicação do método simplificado

Parâmetros	Limites		Escritório		Café	
	Mínimo	Máximo	Real	Situação	Real	Situação
Absortância solar da cobertura (α)	0,2	0,8	NA	OK	NA	OK
Absortância solar da parede (α)	0,2	0,8	0,51	OK	0,61	OK
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°	0°	OK	0°	OK
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°	0°	OK	0°	OK

Parâmetros	Limites		Escritório		Café	
	Mínimo	Máximo	Real	Situação	Real	Situação
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°	0°	OK	Até 90	OK
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K	NA	OK	NA	OK
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K	272,10	OK	26	OK
Contato com o solo	Sem contato	Em contato	Sem	OK	Sem	OK
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²	9,7	OK	40	OK
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²	5,4 – 7,8	OK	4,42 – 7,63	OK
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87	0,57	OK	0,57	OK
Percentual de abertura zenital	0%	3%	0%	OK	0%	OK
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m	3,08	OK	5,13	OK
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%	21%S 50%O	OK	52%S 78%O	OK
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm	Não	OK	Não	OK
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K	NA	OK	NA	OK
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K	2,3	OK	2,66	OK
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²	5,7	OK	5,7	OK

Fonte: Autor

4.1. Escritório

4.1.1. Envoltória

A partir da área da envoltória, bem como seu volume foi possível calcular o fator de forma (FF) da envoltória.

$$FF = \left(\frac{A_{env}}{V_{tot}} \right) = \left(\frac{123,3}{123,3 \times 3,08} \right) = 0,325 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Com esse valor e a Tabela 7 obteve-se um coeficiente de redução de classe D para A. Ademais, foram inseridos os dados na interface do metamodelo para obter o valor de carga térmica anual para a sala (CgT), tanto na condição de referência, resultando em 10782,96 kWh/ano como na real, que resultou em 7567,69 kWh/ano.

Apesar de parecer inicialmente simples, a utilização da interface representou certa dificuldade, principalmente por não estarem indicadas nela quais unidades devem ser utilizadas. Por exemplo, para percentual de abertura da fachada não se sabe se deve ser

introduzido em porcentagem como está na INI ou em decimal. Descobriu-se depois que deveria ser em decimal. Por ser a primeira vez que o autor utilizou a interface, a colocação em porcentagem provocou mudanças gritantes nos resultados, que só foram notadas com ajuda das professoras, para então serem corrigidos.

Além disso, a interface não apresenta a opção de calcular a CgT de uma única sala em meio a uma edificação. Para tal, faz-se necessário ajustar os parâmetros de entrada. Como exemplo do escritório, que está localizado no segundo piso do centro comercial. Para que o metamodelo calcule a carga térmica, é preciso informar que a edificação tem apenas 1 pavimento e que esse pavimento é o térreo. É necessário marcar também que ele não está em contato com solo, nem sobre pilotis e que também não tem cobertura exposta.

Por fim, calculou-se um intervalo (i) de 970,47 kWh/ano que possibilitou a construção da escada demonstrada na Tabela 22.

$$i = \left(\frac{CgT_{TREF} \times CRCgCgT_{D-A}}{3} \right) = \left(\frac{10782,96 \times 0,27}{3} \right) = 970,47 \text{ kWh/ano}$$

Tabela 22 - Limites para a classificação da envoltória do escritório (kWh/ano)

A	B	C	D	E
	> 7.871,55	> 8.842,02	> 9.812,49	> 10.782,96
≤ 7.871,55	≤ 8.842,02	≤ 9.812,49	≤ 10.782,96	

Fonte: Autor

Como o valor obtido pela interface web na condição real foi de 7.567,69 kWh/ano a envoltória pôde ser classificada como de eficiência A.

4.1.2. Condicionamento de ar

Conforme metodologia, aplica-se a média dos coeficientes de eficiência energética, nesse sentido, tem-se um valor de 3,16, considerado classe B pelo INMETRO, como pode ser visto na Figura 27.

$$COPm = \left(\frac{3,86 + 2,83 + 2x3,47 + 2,89 + 2x2,81}{7} \right) = 3,16$$

Esse valor foi comparado com os limites apresentados na Figura 27 que permitiu que o sistema fosse classificado como B em eficiência energética. A obtenção de nível A, nessa situação, dependeria da troca dos equipamentos utilizados por outros melhor classificados pelo INMETRO. No entanto, essa classificação aparenta ser pouco eficaz uma vez que não leva em consideração a área ou volume que serão atendidos pelos condicionadores de ar.

O consumo de energia elétrica, por sua vez é de 4.147,29 kWh/ano na condição de referência e 2.394,84 kWh/ano na condição real, calculados pela Equação 4, item 3.2.2.1.

4.1.3. Iluminação

O procedimento para classificação do sistema de iluminação baseou-se no método do edifício completo apresentado no item 3.2.3.1. Calculada a potência total instalada em A e D de acordo com a Tabela 13, obteve-se um i de 242,67 W. A partir disso foi possível construir a Tabela 23.

$$P_{LRef} = (A_I \times DPI_{LD}) = (123,3 \times 14,1) = 1.738,53 \text{ W}$$

$$P_{L-A} = (A_I \times DPI_{LA}) = (123,3 \times 8,5) = 1.048,05 \text{ W}$$

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3} = \frac{(1738,53 - 1048,05)}{3} = 230,16 \text{ W}$$

Tabela 23 - Limites para a classificação da iluminação do escritório (W)

A	B	C	D	E
	> 1.048,05	> 1.278,21	> 1.508,37	> 1.738,53
≤ 1.048,05	≤ 1.278,21	≤ 1.508,37	≤ 1.738,53	

Fonte: Autor

A potência real instalada foi obtida pelo valor real da potência das lâmpadas instaladas no ambiente, conforme Tabela 24.

Tabela 24 - Potência instalada de iluminação

Lâmpada	Quantidade	Pot. Unit. (W)	Pot. Total (W)
LED	16	6	96
TUBULAR LED	14	32	448
E-27 LED	2	7	14

Lâmpada	Quantidade	Pot. Unit. (W)	Pot. Total (W)
AR 111 LED	16	9	144
T5 LED	4	18	72
FITA LED EMBUTIDA	8,6	14,4	123,84
Total (W) =			897,84

Fonte: Autor

Comparou-se a potência total instalada com os valores da Tabela 23 e foi possível classificar o sistema de iluminação como A em eficiência energética. Os requisitos mínimos também foram atendidos: existe a divisão de comandos conforme a norma, há contribuição da luz natural e, por ter área menor que 250m², não necessita dispositivo de desligamento automático.

O consumo total do sistema de iluminação é de 2.334,8 kWh/ano, conforme Equação 6.

$$CIL = 0,898 \times 10 \times 260 = 2.334,8 \text{ kWh/ano}$$

4.1.4. Equipamentos

O consumo obtido para os equipamentos do escritório, conforme demonstração a seguir, resultou em 3278,6 kWh/ano.

$$P_i = DPE \times Area = 9,7 \times 123,3 = 1,196 \text{ kW}$$

$$CEQ = P_i \times (h \times N_{ano}) = 1,196 \times (10 \times 260) = 3.109,63 \text{ kWh/ano}$$

4.1.5. Classificação e consumos totais

Reunindo o consumo de todos os sistemas bem como dos equipamentos na condição de referência obteve-se o consumo total de energia elétrica do escritório (CTE_{E REF}). Como o método utiliza o consumo em energia primária, foi necessário transformar o valor para tal. O resultado, para a condição de referência foi de 18.843,68 kWh/ano.

$$CTE_{E REF} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ = 4520,18 + 4147,49 + 0 + 3109,63$$

$$CTE_{E REF} = 11.777,3 \text{ kWh/ano}$$

$$CEP_{REF} = (CTE_E \times fcE) = 11777,3 \times 1,6 = 18.843,68 \text{ kWh/ano}$$

O mesmo foi feito para a condição real, que resultou em um valor de 12.542,83 kWh/ano, como pode ser observado.

$$CTE_{E\text{ REAL}} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ - GE_E = 2334,8 + 2394,84 + 0 + 3109,63 - 0$$

$$CTE_{E\text{ REAL}} = 7.839,27 \text{ kWh/ano}$$

$$CEP_{REAL} = (CTE_E \times fcE) = 7839,27 \times 1,6 = 12.542,83 \text{ kWh/ano}$$

A Tabela 25 resume os valores obtidos.

Tabela 25 - Tabela resumo CEP para o escritório

Situação	CIL (kWh/ano)	CCA (kWh/ano)	CEQ (kWh/ano)	CTE (kWh/ano)	CEP (kWh/ano)
Referência	4520,18	4147,49	3109,63	11.777,30	18.843,68
Real	2334,80	2394,84	3109,63	7.839,27	12.542,83

Fonte: Autor

A partir daí, foi possível calcular o percentual de redução do consumo de energia primária da situação real, para a condição de referência. O valor encontrado foi que aproximadamente 33%.

$$PRCEP = PRCEP_{REAL-D} = 1 - \frac{12.542,83}{18.843,68} \times 100 = 33,4 \%$$

Com o FF e a Tabela 16, achou-se o $CRCEP_{D-A}$ de 0,34 e foi calculado o intervalo para possibilitar a montagem da Tabela 26 com os limites para classificação.

$$i = \left(\frac{CEP_{TREF} \times CRCEP_{D-A}}{3} \right) = \left(\frac{18843,68 \times 0,34}{3} \right) = 2.135,61 \frac{kWh}{ano}$$

Tabela 26 - Limites para a classificação geral do escritório (kWh/ano)

A	B	C	D	E
	> 12.436,85	> 14.572,46	> 16.708,07	> 18.843,68
≤ 12.436,85	≤ 14.572,46	≤ 16.708,07	≤ 18.843,68	

Fonte: Autor

Comparando o valor da condição real com os valores limites da tabela, a edificação foi classificada como B em eficiência energética.

4.1.6. Geração Local de Energia com Sistema Fotovoltaicas

Com o intuito de tornar a sala em EEZ, ou seja, substituir completamente o consumo anual de energia elétrica da rede por energia gerada localmente, foi dimensionado um sistema fotovoltaico, de forma simplificada, como descrito na metodologia, no item 3.2.7.

O consumo anual de energia elétrica encontrado através do método simplificado para o escritório foi de 7.839,27 kWh/ano. Além do consumo, é necessário conhecer também o ganho por radiação solar incidente no plano do arranjo das placas fotovoltaicas. Supondo a instalação com um ângulo de 27,7° em relação ao plano horizontal e orientação norte, a incidência anual é de 1.657,1 kWh/m².ano. Finalmente, deve-se considerar o rendimento do sistema conforme suas perdas. Aqui será utilizado o valor de 0,73 já mencionado anteriormente.

$$P_{cc} = \frac{\left(\frac{7839,27}{1657,1}\right)}{0,73} = 6,48kWp$$

Para calcular a área necessária dos módulos, basta dividir a potência média necessária pela eficiência do módulo em questão pela eficiência do mesmo.

O módulo considerado foi escolhido por possuir uma alta eficiência e ser classe A em eficiência energética, conforme dados retirados das tabelas de consumo disponíveis no site do Inmetro (INMETRO, 2017). As informações referentes ao módulo escolhido podem ser verificadas na Tabela 27.

Tabela 27 - Especificações do módulo fotovoltaico

Fabricante	TRINA Solar
Modelo	TSM 350DD14A
Tipo das Células	Silício Policristalino
Potência Nominal (W)	350
Comprimento (m)	1,96
Largura (m)	0,99
Área (m ²)	1,94
Eficiência (%)	18,0

Fonte: INMETRO, 2017

$$A_{total} = \frac{P_{CC}}{E_{ff}} = \frac{6,48}{0,18} = 36,0 \text{ m}^2$$

Para a opção apresentada, a área resultante foi de 36,0 m². Como cada módulo possui 1,94m², serão necessários 19 módulos (A=36,86m²), que produzirão 8.020,20 kWh/ano, tornando a sala não só uma EEZ como concebendo a ela consumo anual negativo de 180,93 kWh. Nesse sentido, o escritório teria um Potencial de Geração de Energia (PGE) de 102%.

4.2. Café

4.2.1. Envoltória

Calculou-se um FF de 0,195 m²/m³. Os dados foram inseridos no metamodelo e obteve-se uma CgT de 9.203,33 kWh/ano para a condição de referência. Como explicado anteriormente, por não haver uma edificação classificada como café/lanchonete, foi utilizada a tipologia de alimentação. Um intervalo (i) de 889,65 kWh/ano foi obtido e, portanto, montou-se uma escala como a descrita na Tabela 28.

$$FF = \left(\frac{A_{env}}{V_{tot}} \right) = \left(\frac{47,12}{47,12 \times 5,13} \right) = 0,195 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$i = \left(\frac{CgT_{TREF} \times CRCgCgT_{D-A}}{3} \right) = \left(\frac{9203,33 \times 0,29}{3} \right) = 889,65 \text{ kWh/ano}$$

Tabela 28 - Limites para a classificação da envoltória do café (kWh/ano)

A	B	C	D	E
	> 6.534,38	> 7.424,03	> 8.313,68	> 9.203,33
≤ 6.534,38	≤ 7.424,03	≤ 8.313,68	≤ 9.203,33	

Fonte: Autor

O valor obtido pela interface web na condição real foi de 8481,65 kWh/ano e a envoltória pode ser classificada como de eficiência D.

Vários podem ter sido os motivos pelos quais o café tenha recebido classificação D. Como os cálculos são todos feitos pelo próprio metamodelo é difícil dizer ao certo qual foi o grande causador dessa situação. Analisando os parâmetros, no entanto, é possível notar que a transmitância da parede, bem como a grande abertura das fachadas com os vidros simples faz com que a carga térmica aumente consideravelmente.

4.2.2. Condicionamento de ar

Conforme metodologia, aplica-se a média dos COPs, no entanto, como existe apenas um equipamento não se fez necessário calcular a média e o valor do COP foi o do próprio equipamento, 3,27, considerado classe A pelo INMETRO, como pode ser visto na Figura 27. Ademais, foi necessário verificar os requisitos mínimos para validar a classificação. Essa verificação não foi feita in loco, no entanto, a empresa responsável pela instalação afirmou que estava dentro dos limites propostos na Tabela 12.

Obteve-se o valor do consumo de 3.539,74 kWh/ano na condição de referência e de 2.593,78 kWh/ano na condição de real.

4.2.3. Iluminação

O procedimento para classificação do sistema de iluminação baseou-se no método do edifício completo apresentado no item 3.2.3.1. Foi estimada a potência total instalada em A e D de acordo com a Tabela 13, obteve-se um i de 87,96W e, a partir daí, foi possível construir a Tabela 29.

$$P_{LRef} = (A_I \times DPI_{LD}) = (47,12 \times 14,1) = 664,39 \text{ W}$$

$$P_{L-A} = (A_I \times DPI_{LA}) = (47,12 \times 8,5) = 400,52 \text{ W}$$

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3} = \frac{(664,39 - 400,52)}{3} = 87,96 \text{ W}$$

Tabela 29 - Limites para a classificação da iluminação do café (W)

A	B	C	D	E
	> 400,52	> 488,47	> 576,43	> 664,39
≤ 400,52	≤ 488,47	≤ 576,43	≤ 664,39	

Fonte: Autor

A potência real instalada foi obtida pela potência das lâmpadas instaladas no ambiente, conforme Tabela 30.

Tabela 30 - Potência instalada do café

Lâmpada	Quantidade	Pot. Unit. (W)	Pot. Total (W)
E-27 LED	10	7	70
PAR 20	22	10	220
Total (W) =			290

Fonte: Autor

Comparou-se a potência total instalada com os valores da Tabela 29 e foi possível classificar o sistema de iluminação como A em eficiência energética. Os requisitos mínimos também foram atendidos: existe a divisão de comandos conforme a norma, há contribuição da luz natural e, por ter área menor que 250m², não necessita dispositivo de desligamento automático.

Pela Equação 6, obteve-se o consumo total do sistema de iluminação tanto na condição de referência quanto na condição real. Os valores foram 1.859,2 kW/ano e 812 kWh/ano, respectivamente.

$$CIL_{REF} = 0,664 \times 8 \times 350 = 1.859,2 \text{ kWh/ano}$$

$$CIL_{REAL} = 0,290 \times 8 \times 350 = 812 \text{ kWh/ano}$$

4.2.4. Equipamentos

Pela norma, deve-se utilizar os valores de referência apresentados na Tabela 4. Para tanto, obteve-se o consumo dos equipamentos do café conforme demonstração a seguir, resultando em 5.277,44kWh/ano.

$$P_i = DPE \times Area = 40 \times 47,12 = 1.884,8 W$$

$$CEQ = P_i \times (h \times N_{ano}) = 1,8848 \times (8 \times 350) = 5.277,44 kWh/ano$$

Diferentemente do escritório, para o café não foi feito o cálculo da potência total instalada caso fossem considerados os equipamentos previstos em projeto, pois por serem equipamentos profissionais têm suas características próprias e muito variáveis, além da grande dificuldade de estimar um tempo de uso para cada um deles.

4.2.5. Classificação e Consumos Totais

Reunindo o consumo de todos os sistemas bem como dos equipamentos na condição de referência obteve-se o consumo total de energia elétrica do escritório ($CTE_{E\ REF}$) e da mesma forma foi transformado em energia primária, resultando em 17.082,21 kWh/ano.

$$CTE_{E\ REF} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ = 1859,2 + 3539,74 + 0 + 5277,44$$

$$CTE_{E\ REF} = 10.676,38 kWh/ano$$

$$CEP_{REF} = (CTE_E \times fcE) = 10676,38 \times 1,6 = 17.082,21 kWh/ano$$

O mesmo foi feito para a condição real, que resultou em um valor de 13.484,10 kWh/ano, como pode ser observado.

$$CTE_{E\ REAL} = CIL + CCA_E + CAA_E + CEQ - GE_E = 812 + 2593,78 + 0 + 5277,44 - 0$$

$$CTE_{E\ REAL} = 8.683,22 kWh/ano$$

$$CEP_{REAL} = (CTE_E \times fcE) = 8.683,22 \times 1,6 = 13.893,15 kWh/ano$$

A Tabela 31 resume os valores obtidos.

Tabela 31 - Tabela resumo CEP para o café

Situação	CIL (kWh/ano)	CCA (kWh/ano)	CEQ (kWh/ano)	CTE (kWh/ano)	CEP (kWh/ano)
Referência	1859,20	3539,74	5277,44	10.676,38	17.082,21
Real	812,00	2593,78	5277,44	8683,22	13.893,15

Fonte: Autor

O percentual de redução do consumo de energia primária da situação real para a condição de referência foi de 18,67%.

$$PRCEP = PRCEP_{REAL-D} = 1 - \frac{13.893,15}{17.082,21} \times 100 = 18,67 \%$$

Com o FF de 0,195 e a Tabela 17, achou-se o $CRCEP_{D-A}$ de 0,23 e foi calculado o intervalo para possibilitar a montagem da Tabela 32 com os limites para classificação.

$$i = \left(\frac{CEP_{TREF} \times CRCEP_{D-A}}{3} \right) = \left(\frac{17082,21 \times 0,23}{3} \right) = 1.309,63 \text{ kWh/ano}$$

Tabela 32 - Limites para a classificação geral do café (kWh/ano)

A	B	C	D	E
	> 13.153,32	> 14.462,95	> 15.772,58	> 17.082,21
≤ 13.153,32	≤ 14.462,95	≤ 15.772,58	≤ 17.668,38	

Fonte: Autor

Comparando o valor da condição real com os valores limites da tabela, a edificação foi classificada como B em eficiência energética. Um vidro de melhor qualidade poderia gerar

uma redução significativa na carga térmica até porque boa parte da fachada é composta por aberturas – 78% na fachada oeste e 52% na fachada sul.

4.2.6. Geração Local de Energia com Sistema Fotovoltaicas

Da mesma maneira que foi feito para o escritório, com o intuito de tornar o café em uma EEZ, foi dimensionado um sistema fotovoltaico para tentar substituir completamente o consumo anual de energia elétrica da rede por energia gerada localmente.

O consumo anual de energia elétrica encontrado através do método simplificado para o café foi de 8.683,22 kWh/ano. Além do consumo, é necessário conhecer também o ganho por radiação solar incidente no plano do arranjo das placas fotovoltaicas. Supondo a instalação com um ângulo de 27,7° em relação ao plano horizontal e orientação norte, a incidência anual é de 1.657,1 kWh/m².ano. Finalmente, deve-se considerar o rendimento do sistema conforme suas perdas, também será utilizado o valor de 0,73.

$$P_{CC} = \frac{\left(\frac{8683,22}{1657,1}\right)}{0,73} = 7,18kWp$$

O módulo considerado foi o mesmo citado anteriormente para o escritório e suas características estão apresentados na Tabela 27.

$$A_{total} = \frac{P_{CC}}{E_{ff}} = \frac{7,18}{0,18} = 39,89m^2$$

Para a opção apresentada, a área resultante foi de 39,89 m². Como cada módulo possui 1,94m², serão necessários 21 módulos (A=40,74m²), que produzirão 8870,85 kWh/ano, tornando a sala não só uma EEZ, mas concebendo a ela consumo anual negativo de 187,63 kWh/ano. Nesse sentido, o café teria um Potencial de Geração de Energia (PGE) de 102,2%.

5. CONCLUSÕES

Para a realização deste trabalho foram escolhidas duas salas comerciais – um escritório e um café – localizadas no Rio Tavares, em Florianópolis, e suas características foram levantadas com base nos projetos. Através da nova proposta para o método de avaliação da eficiência energética em edificações comerciais que encontra-se em desenvolvimento, a INI-C, buscou-se obter os consumos energéticos das edificações através do método simplificado.

O objetivo deste trabalho foi alcançado de maneira satisfatória, uma vez que a envoltória, os sistemas de condicionamento de ar e iluminação e a edificação de modo geral puderam ser avaliados para ambas as salas, assim como a possibilidade de torna-las EEZ.

De acordo com o proposto pela INI-C, foi possível classificar o escritório como A em eficiência energética para a envoltória, B para o condicionamento de ar e A para iluminação. Na classificação geral do escritório, o mesmo obteve classificação B em eficiência energética. Foi proposto alterar as máquinas de ar condicionado por aquelas com classificação A pelo INMETRO para reduzir o consumo do escritório. As características dos vidros também não correspondem ao real e podem ter aumentado a carga térmica necessária, piorando a classificação da sala.

Seguindo os mesmos procedimentos para o café, a envoltória obteve classificação D em eficiência energética, e foi classificada como A para o condicionamento de ar e para iluminação. Tentou-se entender o porquê do resultado obtido para a envoltória e concluiu-se que a transmitância das paredes externas, bem como as grandes aberturas com vidro simples fez com que o valor da carga térmica total anual subisse consideravelmente. Na classificação geral do café, o mesmo obteve classificação B em eficiência energética.

Por fim, para ambos os casos, foi proposto um sistema de geração de energia local com a intenção de tornar as salas em Edificações de Energia Zero (EEZ). Para o escritório, foi dimensionado um sistema composto por 19 módulos que produziriam não só o necessário para zerar o consumo da sala como também um sobressalente de 180,93 kWh/ano. Da mesma maneira para o café, o sistema indicado seria composto por 21 módulos o que o tornaria uma EEZ com 187,63 kWh/ano de energia sobressalente. A produção excedente poderia ser algo positivo economicamente, no entanto, as normas brasileiras não permitem sua venda, sendo, portanto, dinheiro gasto sem necessidade. Além disso, existe uma taxa mínima a ser paga para a concessionária mesmo que não seja consumida energia da rede, nesse sentido, talvez seja mais viável economicamente reduzir o número de módulos, criando salas NZEB.

Para o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos foram considerados os valores reais de consumo energético das edificações sem que fossem aplicadas as melhorias sugeridas. Apesar de não estar claro na equação do consumo total de energia elétrica, vale ressaltar que antes de mais nada, a edificação deve ser o mais eficiente possível, para só então gerar sua própria energia.

O presente trabalho mostrou a importância de se estudar a eficiência energética, elevando seus rendimentos, e como isso contribuir para que o setor elétrico atenda a demanda energética sem necessariamente aumentar a geração de energia elétrica.

5.1. Limitações

As limitações encontradas conforme desenvolvimento do trabalho foram:

- A proposta do novo método estava em consulta pública quando o TCC foi iniciado e, portanto, suscetível a eventuais mudanças;
- Por se tratar de um complexo comercial, não necessariamente a área demandada para a instalação do sistema fotovoltaico estaria disponível;
- Não foi possível obter os dados dos vidros utilizados no escritório;
- Não foi possível verificar a instalação e consequente diâmetro do isolamento do ar condicionado do café;
- O dimensionamento do sistema fotovoltaico não levou em consideração o custo econômico de implantação que geralmente é fator limitante para sua aplicação;
- A ventilação das salas foi considerada como sendo totalmente artificial.

5.2. Sugestões para Trabalho Futuros

Para realização de trabalhos futuros, é sugerido:

- Utilização do método de simulação para comparação dos resultados;
- Análise dos custos envolvidos nas medidas propostas e na instalação do sistema de geração de energia local renovável;
- Reaplicação do método após publicação oficial da INI-C, a fim de observar as possíveis mudanças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220. Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ABRAVA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E EQUIPAMENTO. **Consulta Pública – Novo RTQ-C do programa brasileiro de etiquetagem para edifícios – PBE EDIFICA -12/09**, 2018. Disponível em: <<https://abrava.com.br/consulta-publica-novo-rtq-c-do-programa-brasileiro-de-etiquetagem-para-edificios-pbe-edifica-12-09/>>. Acesso em: 13 Maio 2019.

AELENEI, AELENEI e GOLÇALVES. **Edifícios de balanço energético nulo; Uma síntese das características principais** Artigo. 2013. Disponível em: <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/2282/1/Edificios%20e%20Energia_70-74%20.pdf>. Data de acesso: 20 Maio 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL no 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL no 687, de 24 de novembro de 2015**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.

BONA, R. M., **Classificação Energética de uma Sala Comercial Estudo de Caso: Academia Smart Fit**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UFSC. Florianópolis. 2017.

BRASIL. **Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Brasília, DF, 2001a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110295.htm>. Acesso em: 25 Outubro 2018.

BUTZKE, P. W. R., **Análise de Eficiência Energética no Projeto de um Hospital em Rio do Sul Através do Regulamento Brasileiro de Etiquetagem**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UFSC. Florianópolis. 2018.

CB3E E PROCEL EDIFICA. **Atividades Gerais Entre Núcleos**, 2018. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas>>. Acesso em: 12 Setembro 2018.

CB3E. CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Interface do Metamodelo**. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html#>. Acesso em: 15 Março. 2019.

CB3E. CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Métodos de avaliação de eficiência energética por consumo global e energia primária**, 2016. Disponível em:

<http://www.cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602_Bavaresco_Ghisi.pdf>

Acesso em: 25 Novembro 2018.

CB3E. CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas**, 2017. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20método_texto%20completo_comercial_2.pdf>.

CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Guia do melhor consumo**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documents/GUIA%20MELHOR%20CONSUMO_CARTILHA.pdf>. Acesso em: 13 Maio 2019.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. **Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2014.

DOE. U.S. Department of Energy. **A Common Definition for Zero Energy Buildings**. Setembro de 2015. Disponível em: <<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/A%20Common%20Definition%20for%20Zero%20Energy%20Buildings.pdf>>. Acesso em: 25 Maio 2019.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2018 – Ano Base 2017**, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018_Int.pdf>

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**, 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 22 Outubro 2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética Nacional 2018 – Ano Base 2017**, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 12 Setembro 2018.

EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE. **General For Energy**, 1995. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/studies?field_associated_topic_tid=45>. Acesso em: 22 Outubro 2018.

FONSECA, R. W. et al. **Avaliação do Desempenho Energético de um Edifício Comercial Condicionado Artificialmente com Base em Energia Primária**. Artigo. ENCAC. Balneário Camboriu. 2017.

GELLER, H. **O Uso Eficiente da Eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE: ACEEE, 1994.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Tabela de consumo/eficiência energética Split Hiwall índice antigo**, 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indiceantigo.pdf> Acesso em: 15 abril 2019.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Tabela de consumo/eficiência energética Split Hiwall índice novo**, 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf> Acesso em: 15 abril 2019.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Tabela de eficiência energética - sistema de energia fotovoltaica - módulos - edição 2017**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf> Acesso em: 23 Maio 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy balance overview**. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2263?filename=world_energy_balances_2018_overview.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

LABREN. LABORATÓRIO DE MODELAGEM E ESTUDOS DE RECURSOS RENOVÁVEIS DE ENERGIA. **Médias do total diário da irradiação no plano inclinado para o estado de Santa Catarina**, 2019. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/SC_inc.html>. Acesso em: 23 Maio 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LAMBERTS, R.; FOSSATI, M. **Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C**. Ambiente Construído, Porto Alegre, abril/junho 2010.

MARQUES, M. C. S., HADDAD, J., GUARDIA, E. C., et al., **Eficiência energética: teoria e prática**, Itajubá, MG, Brasil: FUPAI, 2007.

MELLO, M. B., **Análise da Influência do Tipo de Vidro na Eficiência Energética da Envoltória de Edificações Comerciais na Cidade de Passo Fundo – RS**. Tese (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – IMED. Passo Fundo. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Ministério de Minas e Energia. Brasília.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Cenários de Demanda para o PNE 2050**, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/Cenários%20de%20Demanda.pdf>>.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION. **Directive 2010/31/eu of the european parliament and of the council**, 2010. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

PACHECO, F., **Análise da Obtenção de Edificações Residenciais de Energia Zero na Região da Grande Florianópolis**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UFSC. Florianópolis. 2018.

PALLADINI, G. D., **Análise do Investimento Necessário para o Alcance da Máxima Classificação de Eficiência Energética de um Edifício**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UFSC. Florianópolis. 2016.

PBE Edifica. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>> . Acesso em: 23 Outubro 2018

PROCEL. Selo Procel. **PROCEL Info**, 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>. Acesso em: 22 Outubro 2018

REPRESENTAÇÃO DA REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA NO BRASIL. **Cooperação Brasil-Alemanha**. Disponível em: <<https://brasil.diplo.de/br-pt/assuntos/cooperacao/cooperacao-brasil-alemanha/897144>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

SECHINI, D., FRIES, E. C., **Viabilidade da Etiquetagem de Eficiência Energética para o Sistema de Iluminação: Estudo de Caso Pós Retrofit**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unisul. Palhoça. 2018.

SILVA, B. P., **Análise da Eficiência Energética Conforme o Manual RTQ-C/Procel Edifica: Um Estudo de Caso no Ministério Público do Trabalho de Campo Mourão-Pr**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UTFPR. Campo Mourão. 2015.

TORCELLINI, P. et al. **Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition**. California: ACEEE Summer Study, 2006.

VENTURINI, O. J., PIRANI, M. J., **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Eletrobras, 2005.

APÊNDICE A – INTERFACE METAMODELO ONLINE

Escritório – Condição referência

Edificação		Zonas térmicas			
Estado	SC	Zona 1		Zona 2	Zona 3
Cidade	Florianópolis	Copiar ?			
Número de pavimentos	1	Área m^2	5,92	53,20	64,20
Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?	Não	Contato com o solo?	Não	Não	Não
Escolha o pavimento	Térreo	Zona sobre pilotis?	Não	Não	Não
Dados da Tipologia		Possui cobertura exposta?	Não	Não	Não
Número de zonas térmicas	3	Possui isolamento do piso	Não	Não	Não
		Tipo de zona?	Perim	Perim	Intern
		Orientação solar	O	S	
		Densidade de Potencia de Equipamento	9,70	9,70	9,70
		Densidade de Potencia de Iluminação	14,10	14,10	14,10
		Fator Solar	0,82	0,82	
		Transmitância do vidro	5,70	5,70	
		Absortância de cobertura			
		Absortância da parede	0,50	0,50	
		Pé direito	3,08	3,08	3,08
		Percentual de abertura da fachada	0,50	0,50	
		Ângulo horizontal de sombreamento	0,00	0,00	
		Ângulo vertical de sombreamento	0,00	0,00	
		Ângulo de obstrução vizinha	0,00	0,00	
		Horas de ocupação	10,00	10,00	10,00
		Transmitância da cobertura			
		Transmitância da parede	2,39	2,39	
		Capacidade térmica da cobertura			
		Capacidade térmica da parede	150,00	150,00	
		Resfriamento: (kWh/m^2)	112.09	105.84	69.92
		CTr: (kWh)	663.58	5630.55	4488.83

CTt: 10782.96 kWh

Calcular

Escritório – Condição real

Escritório × +		Zona 1	Zona 2	Zona 3
Edificação		Copiar ?		
Estado	SC	5,92	53,20	64,20
Cidade	Florianópolis			
Número de pavimentos	1			
Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?	Não			
Escolha o pavimento	Térreo			
Dados da Tipologia				
Número de zonas térmicas	3			
CTt: 7567.69 kWh				
Calcular				
Zonas térmicas				
Área m^2		5,92	53,20	64,20
Contato com o solo?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Zona sobre pilotis?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Possui cobertura exposta?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Possui isolamento do piso	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Tipo de zona?	Perim	<input type="checkbox"/>	Perim	Intern
Orientação solar	O	<input type="checkbox"/>	S	
Densidade de Potencia de Equipamento	9,70	<input checked="" type="checkbox"/>	9,70	9,70
Densidade de Potencia de Iluminação	5,40	<input type="checkbox"/>	7,80	7,50
Fator Solar	0,57	<input checked="" type="checkbox"/>	0,57	
Transmitância do vidro	5,70	<input checked="" type="checkbox"/>	5,70	
Absortância de cobertura		<input type="checkbox"/>		
Absortância da parede	0,51	<input checked="" type="checkbox"/>	0,51	
Pé direito	3,08	<input checked="" type="checkbox"/>	3,08	3,08
Percentual de abertura da fachada	0,50	<input type="checkbox"/>	0,21	
Ângulo horizontal de sombreamento	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
Ângulo vertical de sombreamento	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
Ângulo de obstrução vizinha	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
Horas de ocupação	10,00	<input checked="" type="checkbox"/>	10,00	10,00
Transmitância da cobertura		<input type="checkbox"/>		
Transmitância da parede	2,30	<input checked="" type="checkbox"/>	2,30	
Capacidade térmica da cobertura		<input type="checkbox"/>		
Capacidade térmica da parede	272,10	<input checked="" type="checkbox"/>	272,10	
Resfriamento: (kWh/m^2)		77.73	66.10	55.93
CTt: (kWh)		460.16	3516.76	3590.77

Café – Condição referência

		Alimentação × +-		
Edificação		Zonas térmicas		
Estado	SC	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Cidade	Florianópolis	Copiar ?		
Número de pavimentos	1	Área m^2	20,70	20,82 5,60
Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?	Não	Contato com o solo?	Não	Não
Escolha o pavimento	Térreo	Zona sobre pilotis?	Não	Não
Dados da Tipologia		Possui cobertura exposta?	Não	Não
Número de zonas térmicas	3	Possui isolamento do piso	Não	Não
CTt: 9203.33 kWh		Tipo de zona?	Perim	Perim Intern
<input type="button" value="Calcular"/>		Orientação solar	O	S
		Densidade de Potencia de Equipamento	40,00	40,00 40,00
		Densidade de Potencia de Iluminação	13,90	13,90 13,90
		Fator Solar	0,82	0,82
		Transmitância do vidro	5,70	5,70
		Absortância de cobertura		
		Absortância da parede	0,50	0,50
		Pé direito	5,13	5,13 5,13
		Percentual de abertura da fachada	0,40	0,40
		Ângulo horizontal de sombreamento	0,00	0,00
		Ângulo vertical de sombreamento	0,00	0,00
		Ângulo de obstrução vizinha	0,00	0,00
		Horas de ocupação	8,00	8,00 8,00
		Transmitância da cobertura		
		Transmitância da parede	2,39	2,39
		Capacidade térmica da cobertura		
		Capacidade térmica da parede	150,00	150,00
		Resfriamento: (kWh/m ²)	207.49	195.05 151.31
		CTr: (kWh)	4295.08	4060.94 847.31

Café – Condição real

Alimentação x
+ v

Edificação

Estado

Cidade

Número de pavimentos

Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?

Escolha o pavimento

Dados da Tipologia

Número de zonas térmicas

CT: 8481.65 kWh

Calcular

Zonas térmicas

	Zona 1	Copiar ?	Zona 2	Zona 3
Área <i>m²</i>	20,70	<input type="checkbox"/>	20,82	5,60
Contato com o solo?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Zona sobre pilotis?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Possui cobertura exposta?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Possui isolamento do piso	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não
Tipo de zona?	Perim	<input type="checkbox"/>	Perim	Intern
Orientação solar	O	<input type="checkbox"/>	S	
Densidade de Potencia de Equipamento	40,00	<input checked="" type="checkbox"/>	40,00	40,00
Densidade de Potencia de Iluminação	7,63	<input type="checkbox"/>	4,42	7,14
Fator Solar	0,82	<input checked="" type="checkbox"/>	0,82	
Transmitância do vidro	5,70	<input checked="" type="checkbox"/>	5,70	
Absortância de cobertura		<input type="checkbox"/>		
Absortância da parede	0,61	<input checked="" type="checkbox"/>	0,61	
Pé direito	5,13	<input checked="" type="checkbox"/>	5,13	5,13
Percentual de abertura da fachada	0,78	<input type="checkbox"/>	0,52	
Ângulo horizontal de sombreamento	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
Ângulo vertical de sombreamento	42,00	<input type="checkbox"/>	90,00	
Ângulo de obstrução vizinha	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
Horas de ocupação	8,00	<input checked="" type="checkbox"/>	8,00	8,00
Transmitância da cobertura		<input type="checkbox"/>		
Transmitância da parede	2,66	<input checked="" type="checkbox"/>	2,66	
Capacidade térmica da cobertura		<input type="checkbox"/>		
Capacidade térmica da parede	26,00	<input checked="" type="checkbox"/>	26,00	
Resfriamento: <i>(kWh/m²)</i>	209.46		162.47	136.31
CT: <i>(kWh)</i>	4335.75		3382.57	763.33