

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE ENERGIA**

BARBARA LOPO DE LIMA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ESTUDO DE
CASO PELO MÉTODO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO Nº 309/2022**

DOURADOS, 2023

BARBARA LOPO DE LIMA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO PELO MÉTODO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO Nº 309/2022

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1 Instalações Elétricas Prediais e Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima

DOURADOS, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L732e Lima, Barbara Lopo De
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
PELO MÉTODO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO Nº 309/2022 [recurso eletrônico] /
Barbara Lopo De Lima. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Aureo Cezar de Lima.
TCC (Graduação em Engenharia de Energia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Edificação eficiente. 2. Eficiência energética. 3. Métodos de etiquetagem. I. Lima, Aureo Cezar De. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

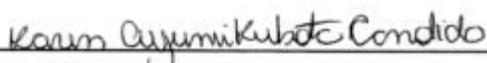
BARBARA LOPO DE LIMA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO PELO MÉTODO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO Nº 309/2022

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1 Instalações Elétricas Prediais e Industriais, pela comissão formada por:


Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar Lima
FAEN – UFGD


Prof. Dr. Etienne Biasotto
FAEN – UFGD


Engª. Civil Karen Ayumi Kubota Cândia
DIPROJ - UFGD

**DOURADOS –MS
09 DE MAIO DE 2023**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha mãe que desde cedo me ensinou a ser forte, não desistir dos meus objetivos e sempre buscar ultrapassar os obstáculos, inclusive o da sua ausência nos últimos anos. Agradeço as amizades que construí ao longo da graduação que fizeram esse percurso ser mais leve, ao meu orientador Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima por sua paciência, ensinamentos e por acreditar que a finalização desse trabalho fosse possível, aos componentes da banca e, por fim, a minha companheira Eliane Favalessa, que esteve ao meu lado nos momentos difíceis e segurou minha mão nas ocasiões em que quis desistir.

RESUMO

Em decorrência do crescente consumo de energia elétrica, busca-se novas maneiras de geração e de economia de energia. No que se refere a uma edificação, sua eficiência energética é decorrente da escolha de seus componentes construtivos e de seus equipamentos utilizados. No Brasil, a eficiência energética de uma edificação está relacionada a sua envoltória, sistema de condicionamento de ar e sistema de iluminação e, é determinada seguindo os parâmetros estabelecidos na Instrução Normativa Inmetro Nº 309/2022. Dessa maneira, utilizando a normativa citada, o presente trabalho buscou classificar a eficiência energética de uma edificação unifamiliar localizada em Dourados- MS, que resultou em uma Classificação Geral de Eficiência nível “A”, com um percentual de redução de consumo de energia primária associado de 58%. As demais análises, que foram fundamentais para a Classificação Geral, obtiveram também, o nível mais alto de eficiência energética (Nível A), com percentuais de redução de consumo de 81,55%, 74,72%, 36,00% para a envoltória, sistema de condicionamento de ar e sistema de iluminação, respectivamente, verificando, assim, a importância dos projetos construtivos e luminotécnicos estruturados para a obtenção da eficiência da edificação.

Palavras-chave: edificação eficiente, eficiência energética, métodos de etiquetagem.

ABSTRACT

Due to the growing consumption of electric energy, new ways of generating and saving energy are being sought. As far as a building is concerned, its energy efficiency is a result of the choice of its construction components and the equipment used. In Brazil, the energy efficiency of a building is related to its envelope, air conditioning system, and lighting system, and is determined according to the parameters established in INMETRO Normative Instruction No. 309/2022. Thus, using the regulation, the present work sought to classify the energy efficiency of a single-family building located in Dourados- MS, which resulted in an Overall Efficiency Classification level "A", with an associated primary energy consumption reduction percentage of 58%. The other analyses, which were fundamental for the General Classification, also obtained the highest level of energy efficiency (Level A), with consumption reduction percentages of 81.55%, 74.72%, 36.00% for the envelope, air conditioning system and lighting system, respectively, thus verifying the importance of structured constructive and luminotechnical projects for obtaining the efficiency of the building.

Keywords: efficient building, energy efficiency, labeling methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz de energia elétrica brasileira no primeiro trimestre de 2023	17
Figura 2 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil	18
Figura 3 – Selo PROCEL para equipamentos	21
Figura 4 – Exemplo de ENCE	23
Figura 5 – Modelo da primeira página da ENCE da UH para a etapa de projeto (A) e para a edificação construída (B).....	25
Figura 6 – Modelo da segunda página da ENCE da UH, com envoltória pelos métodos simplificado ou de simulação	25
Figura 7 - Fotografias da edificação de estudo.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros limites da avaliação da envoltória definido para o método simplificado	27
Quadro 2 – Coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para A, com base no fator de forma (FF) e classificação climática correspondente	30
Quadro 3 – Limites dos intervalos das Classificações de Eficiência Energética da Envoltória	30
Quadro 4 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética de acordo com a classificação climática da edificação em que o sistema de condicionamento de ar está sendo avaliado.....	34
Quadro 5 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética para o sistema de iluminação	37
Quadro 6 – Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária	39
Quadro 7 – Coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A, com base no fator de forma (FF) e classificação climática correspondente	41
Quadro 8 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética geral da edificação.....	42
Quadro 9 – Carga térmica de refrigeração anual para cada zona térmica da edificação	46
Quadro 10 – Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação Geral da edificação.....	46
Quadro 11 – Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação do Sistema de Iluminação da edificação	49
Quadro 12 – Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação Geral da edificação.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência para edificações de hospedagem	28
Tabela 2 – Área útil de cada cômodo da edificação	44
Tabela 3 - Dados iniciais da zona térmica 1 no metamodelo para obtenção da carga térmica da envoltória na condição real.....	45
Tabela 4 – Consumo de refrigeração real para cada aparelho de ar condicionado.	47
Tabela 5 – Densidade de potência de iluminação para cada ambiente.....	48
Tabela 6 - Resultados da classificação geral da edificação	50

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABESCO:	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABSOLAR:	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AHS:	Ângulo horizontal de sombreamento
ANEEL:	Agência Nacional de Energia Elétrica
AVS:	Ângulo vertical de sombreamento
AOV:	Ângulo de obstrução vizinha
BEN:	Balanco Energético Nacional
BNDES:	Banco Nacional do Desenvolvimento
BPD:	Barris por dia
CFE:	Consumo Final de Energia
CNAEE:	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CONPET:	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
ELETOBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENCE:	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE:	Empresa de Pesquisa Energética
GE:	Gestão Energética
IDRS:	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INI-R:	Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
MME:	Ministério de Minas e Energia
NZEBs:	Edificações de Energia Quase Zero
PAF:	Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica
PBE:	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE:	Programa de Eficiência Energética
PROCEL:	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RTQ-C:	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R:	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
SGE:	Sistema de Gestão de Energia
OIE:	Oferta Interna de Energia
OIEE:	Oferta Interna de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	GESTÃO DE ENERGIA.....	20
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL.....	20
2.3	MÉTODOS DE ETIQUETAGEM	22
2.4	SÍNTESE REFERENCIAL	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA	29
3.2	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	34
3.3	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	36
3.4	CLASSIFICAÇÃO GERAL.....	38
4	DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA ENCE.....	43
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA RESIDÊNCIA	43
4.2	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA	45
4.3	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	47
4.4	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	48
4.5	CLASSIFICAÇÃO GERAL.....	49
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – DIVISÃO DAS ZONAS TÉRMICAS	57
	APÊNDICE B – DADOS INICIAIS NO METAMODELO PARA OBTENÇÃO DA CARGA TÉRMICA TOTAL ANUAL DA ENVOLTÓRIA NA CONDIÇÃO REAL	58

APÊNDICE C – DADOS DE ENTRADA NA INTERFACE PARA OBTENÇÃO DA FRAÇÃO DE HORAS DE DESCONFORTO POR CALOR EM RELAÇÃO ÀS HORAS DE OCUPAÇÃO.....	59
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO DA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO	60
ANEXO B – PROJETO LUMINOTÉCNICO DA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO.....	61
ANEXO C – LIMITE MÁXIMO ACEITÁVEL DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO (<i>DPIL</i>) PARA A CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA PRETENDIDA – MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO.....	62

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica demonstra sua importância ao longo dos séculos desde a sua descoberta. Conforme cita Reis e Santos (2012), o acesso à energia elétrica é um requisito básico de cidadania e, na falta dele, o indivíduo fica marginalizado em relação ao desenvolvimento. No que se refere ao cenário brasileiro, a energia elétrica teve seu surgimento no ano de 1880 e, seu uso era limitado a alguns serviços públicos e a atividade fabril (GOMES; VIEIRA, 2009). O estopim da energia elétrica no Brasil ocorreu alguns anos mais tarde com marcos que construíram para a formação do setor. Em meados de 1954, foram criados os fundos setoriais para investimento no setor elétrico, que propunham a criação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS) (GOMES; VIEIRA, 2009). Mesmo com a proposta em 1954, a instauração da mesma, ocorreu oito anos mais tarde, em 1962 em sessão solene do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE). De acordo com o Portal da Eletrobras, na atualidade ela é uma empresa de capital aberto e é considerada a maior companhia do setor elétrico da América Latina.

Conforme cita Gomes e Vieira (2009), outros marcos importantes transcorreram na posse de Juscelino Kubistchek em 1956, como as construções de várias usinas hidrelétricas e a fundação da segunda empresa geradora Federal de energia, chamada de Furnas e, a criação do Ministério de Minas e Energia (MME), órgão Federal que trabalha com a criação e gestão de políticas públicas relacionadas ao uso dos recursos energéticos e minerais do país. Em agosto de 2004, foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que opera na prestação de serviços ao MME na área de estudos e pesquisas destinadas a orientar o desenvolvimento do setor energético brasileiro.

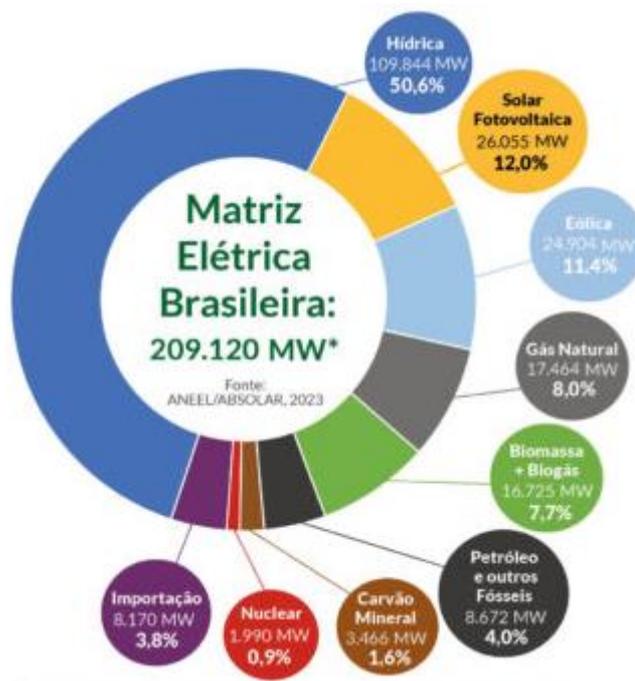
De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), que tem como propósito a contabilização e divulgação da pesquisa relativa à oferta e consumo de energia no Brasil, que por sua vez, é desenvolvido pela EPE, o consumo de energia no setor residencial vem aumentando (COLLAÇO; BERMANN, 2017). Ademais, em decorrência do cenário pandêmico de COVID-19, esse aumento de consumo de eletricidade foi ainda mais expressivo devido as operações em *home office*. Revela-se, também, o grande impacto que a pandemia de COVID-19 exerceu nos mercados energéticos. As fontes primárias de energia e de carbono apresentaram

uma queda, enquanto o mercado renovável continuou em crescimento (SRW, 2021). A produção global de petróleo diminuiu em 6,6 milhões de barris por dia (BPD) e, a contabilidade da OPEP reduziu. A utilização das refinarias caiu um recorde de 8,0 pontos percentuais, chegando a 74,1%, o nível mais baixo desde 1985 (Statistical Review of World Energy, 2021, p.2).

No que se refere a situação do Brasil, a produção de energia elétrica está centrada em fontes renováveis, sendo apenas da ordem de 16% a participação de fontes não renováveis. Aproximadamente 60% da energia elétrica é produzida por centrais hidrelétricas (EPE, 2021), porém, cada vez mais, a micro e, minigeração distribuída vem se fortalecendo (SOUZA, 2022). Conforme o Balanço Energético Nacional de 2022 (ano base 2021), as fontes renováveis caracterizam 78,1% da oferta interna de eletricidade no Brasil (considerando a soma dos montantes relativos à produção nacional e importação), sendo 56,8% desta oferta representada pela fonte hídrica. Conseqüentemente, a geração elétrica a partir de fontes não renováveis simbolizou apenas 17,7% do total nacional em 2019 e 17,6% em 2018 (SOUZA, 2022 *apud* EPE, 2020). No que diz respeito a geração de energia a partir de fontes renováveis, no ano de 2019, o Brasil encontrava-se na terceira posição mundial, totalizando 515 GW, ficando atrás da China e Estados Unidos, com uma geração de 1.995 GW e, 772 GW, respectivamente. No campo da geração a partir de fontes não renováveis, o Brasil ocupou a 28ª posição entre os países, gerando cerca de 111 GW (EPE, 2022 *apud* SIMPLES). Quando comparado aos demais países, ainda que esse cenário seja melhor do que a matriz elétrica mundial, que em sua maioria é composta por fontes não renováveis, é importante conhecer os impactos que a geração de energia causa no meio ambiente, tornando a preocupação com a economia de energia, eficiência energética e sustentabilidade uma pauta a ser discutida (LOPES, 2022 *apud* IEA, 2021).

Por conseguinte, no que se trata do ano de 2023, do período de janeiro até março, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em parceria com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), evidencia os dados referentes a matriz elétrica brasileira. No primeiro trimestre de 2023, de um total de 209,12 GW da matriz elétrica nacional, 50,6%, é de origem hídrica (109.844 MW) e, com 12% (26.055 MW) a energia solar fotovoltaica representa a segunda maior potência instalada no país. As fontes eólica, gás natural e biomassa + biogás, registraram 11,4%, 8% e, 7,7%, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 – Matriz de energia elétrica brasileira no primeiro trimestre de 2023



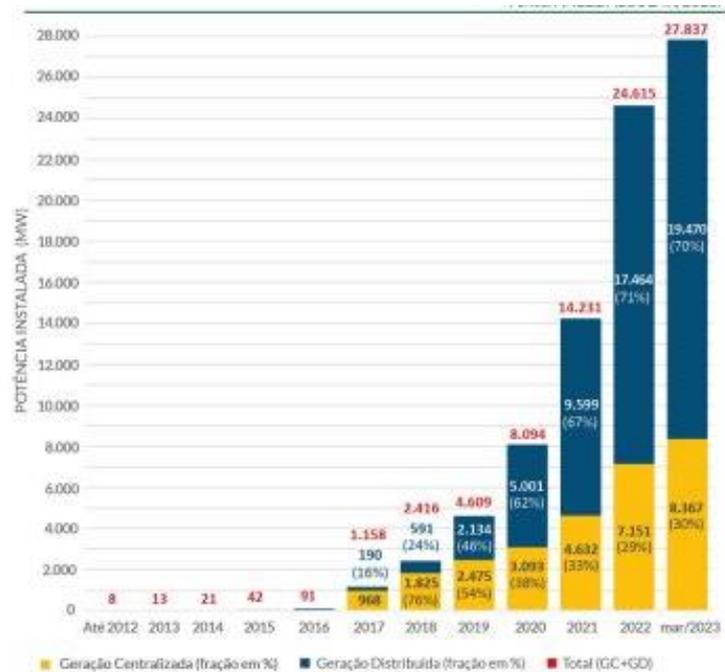
Fonte: ANEEL, ABSOLAR (2023)

Legenda: A potência total da matriz não inclui a importação e segue critério aplicado pelo MME, que adiciona, nos valores de capacidade instalada, as quantidades de mini e microgeração distribuída associadas a cada tipo de fonte.

No âmbito da geração solar, quando comparado o ano de 2022 em relação a 2021, houve um expressivo aumento de mais de 78%, além de um crescimento das gerações eólica de mais de 12% e hidráulica de mais de 16%. Essa inserção da geração elétrica renovável em 2022 provocou uma grande redução da participação de termelétricas a carvão e a gás natural na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), que devem reduzir suas gerações em cerca de 50%. Térmicas a diesel e a óleo combustível também devem apresentar queda de cerca de 20% (Boletim Mensal De Energia, Dez/2022).

É notável o aumento das instalações de geração solar fotovoltaica. Ao comparar um cenário de sete anos atrás, com o cenário atual brasileiro, é possível constatar que a potência instalada cresceu em mais de três vezes o seu valor em 2012. Até março de 2023, havia 27.837 MW de potência instalada, sendo 30% de geração centralizada e 70% distribuída – observa-se sobretudo, o desenvolvimento a partir de 2017.

Figura 2 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL, ABSOLAR (2023)

Muito se discute também, sobre o consumo da energia elétrica. Dentre os três pilares para o crescimento econômico, além do capital e do trabalho, se encontra a energia. Em decorrência do aumento da população e, de novas tecnologias de transformação de energia, o uso da energia elétrica é crescente a cada ano no Brasil. De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022 (Ano base 2021), proposto pela EPE, entre os anos de 2020 e 2021, verificou-se um aumento de 5,6% de eletricidade gerada, resultando em 656 TWh produzidos. Analisando o consumo de energia elétrica mundial entre os anos de 2010 e 2019, é possível constatar que o Brasil se encontra entre os dez países que mais consomem energia (EPE, 2022).

Nesse panorama, vale ressaltar a importância da gestão de energia elétrica que está associada ao uso planejado e assertivo da energia. Para instruir as organizações dos meios de melhoramento do desempenho energético, em 2011 foi publicada a Norma ISO 50001 – Sistemas de Gestão da Energia – Requisitos com Orientações para Uso. A norma especifica os requisitos de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) para as organizações desenvolverem e implementarem políticas energéticas, estabelecerem objetivos e metas, bem como planos de ação relativos ao uso significativo da energia.

A economia de energia deve ganhar seu merecido destaque em termos de conscientização, uma vez que quando implementada, é possível contribuir para a diminuição

da pressão sobre o planeta e, além disso, para o desenvolvimento sustentável da humanidade. Órgãos relacionados a pauta, empenham-se em aguçar a disposição dos consumidores para se atentarem mais ao que pode ser feito em relação ao uso de energia. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), numa tentativa de incitar o uso mais consciente da energia, tem um selo que garante a orientação do consumidor indicando quais equipamentos possuem uma maior eficiência energética.

Correlacionado ao conceito de gestão energética, surge o conceito de edificação eficiente. Uma edificação considerada eficiente é aquela que, quando comparada com outra edificação não eficiente, atende da mesma forma as exigências do usuário, porém com um menor consumo energético (ELI et al., 2017 *apud* LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Além disso, as edificações eficientes são capazes de otimizar espaço e consumo e, tem potencial para diminuir a emissão de gases poluentes e incentivarem a comunidade a fazer um consumo mais consciente e sustentável (LOPES, 2022). Para certificar a eficiência de uma residência, existe uma série de cálculos propostos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que devem ser realizados definindo diferentes níveis de eficiência para a edificação, sendo o nível “A” o mais eficiente e o nível “E” o menos eficiente.

Disponível no site do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE, 2023) é possível realizar uma breve consulta sobre as edificações e as etiquetas. A interface do *site* apresenta a etiqueta, a localidade e tipo de edificação e, por vezes data da etiquetagem. É possível verificar a certificação de eficiência em unidades habitacionais unifamiliares e multifamiliares, em *resorts* e em condomínios domiciliares.

Por conseguinte, no decorrer deste trabalho será calculado e analisado o nível de eficiência energética de uma edificação unifamiliar localizada na cidade de Dourados, no Estado do Mato Grosso do Sul, considerando o selo PROCEL Edifica. A Classificação será realizada de acordo com a envoltória da residência, seu sistema de iluminação e, seu sistema de condicionamento de ar. Além disso será calculada uma Classificação geral para a residência, assegurando seu nível de eficiência.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DE ENERGIA

O desperdício e o aumento das emissões de gases de efeito estufa decorrentes da utilização ineficiente de energia pelas organizações tornaram-se uma preocupação global (NUNES et al., 2020 *apud* SOUZA et al., 2019). O uso intenso de combustíveis fósseis, promovem a aceleração de seu esgotamento e desencadeia impactos ambientais por poluição, contaminações, alteração climáticas e dos ecossistemas, impactos na saúde entre outros. Mediante a esse cenário, surge a Gestão Energética (GE), que pode ser descrita como uma forma inteligente de diminuir e controlar os custos com energia elétrica, trazendo eficiência e aumentando a sustentabilidade no mercado deste setor (BLOG WAY2, 2020). A Gestão da Energia surge com o intuito de reduzir o consumo, aumentar o desempenho energético e, maximizar a conversão energética (LOPES, 2021 *apud* ALVES, 2014), assim como a redução dos impactos nas mudanças climáticas através da melhoria contínua do desempenho energético das organizações (NUNES et al., 2020). Nesse contexto, a NBR ISO 50.001: Sistema de Gestão de Energia, aborda o tema e, estabelece diretrizes para sua implementação, manutenção e avaliação dos sistemas de gerenciamento de energia (NBR ISO 50.001, 2018).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL

Com o objetivo de suprir o aumento da demanda de energia elétrica busca-se novas fontes geradoras, assim como ações são realizadas para a redução das perdas e do desperdício de energia. Diante desse cenário os hábitos de consumo, os equipamentos e os processos devem ser analisados. Eficiência Energética, relação entre a energia de saída pela energia de entrada em um processo de transformação, busca, sobretudo, obter a qualidade do serviço, ou produto, ou o conforto dos usuários, com a menor demanda energética que os equipamentos possibilitam.

Observa-se, ainda, a abordagem do tema na certificação de equipamentos eficientes a partir de programas criados com esta finalidade. O PROCEL, buscando levar ao uso mais

consciente da energia, tem um selo que garante a orientação do consumidor indicando quais equipamentos possuem uma maior eficiência energética. Além do Selo PROCEL em equipamentos, o órgão atua na promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, auxilia prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública. Nos setores comercial e industrial, oferece treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia (PROCEL Info, 2023). A ANEEL, por sua vez, a partir do Programa de Eficiência Energética (PEE), ainda publica Revistas de Eficiência Energética com o objetivo de esclarecer, divulgar e estimular o tema (ACORONI et al., 2013).

Na Figura 3, é possível analisar o Selo PROCEL que contempla não apenas eletrodomésticos, mas também equipamentos de iluminação, bombas e motores e equipamentos solares.

Figura 3 – Selo PROCEL para equipamentos



Fonte: Blog Casa das Águas (2019)

Consoante a isto, em razão do aquecimento global, cada vez mais pessoas estão empenhando-se em promover medidas que, de alguma forma ajudem o planeta e minimize os danos causados pelos seres humanos. Como por exemplo, uma residência automatizada com foco no uso da energia, busca a eficiência dos equipamentos e sistemas do usuário, bem como a priorização do uso de energias renováveis para seu consumo. Enfim, com a tecnologia existente atualmente, é possível garantir o bem-estar, comodidade, praticidade e segurança em construções reduzindo o desperdício de energia.

Cita-se como exemplo, a Casa Eficiente, modelo disponível na Universidade Federal de Santa Catarina, que se destaca pelo aproveitamento do calor, água e energia através da adequação construtiva e pelo uso de equipamentos com certificação PROCEL. O projeto permite o aproveitamento não somente da luz solar, mas também coleta água proveniente da chuva que é utilizada para tarefas com fins não potáveis, como lavar roupa e torneiras externas. Foi construída com materiais ecológicas, possui estratégias de adequação climática e eletrodomésticos com a melhor classificação de eficiência PROCEL (ZOMER, RUTHER, 2008).

Ademais, é válido ressaltar as Edificações de Energia Quase Zero (NZEBs) que são definidas como edificações energeticamente eficientes cuja geração de energia é renovável e produz, nos limites da edificação, no mínimo 50% da sua demanda anual (LABEEE, 2023). Esse formato de edificação, é considerada uma tendência, uma vez que, traz benefícios da esfera global à local, apresentando elevada eficiência energética.

Em concordância com isso, é possível destacar outra ação do PROCEL que intenta avaliar o desempenho energético das edificações, sejam residenciais ou públicas, através de uma etiqueta que relaciona vários parâmetros da edificação. Considerando apenas as edificações residenciais, para o período de 2009 até maio/2022, foram emitidas 5.128 etiquetas, sendo que para a fase de projeto foram 17 etiquetas nas áreas de uso comum, 44 etiquetas multifamiliar e 2.676 etiquetas de unidades habitacionais. Já as edificações construídas, foram 6 etiquetas de uso comum, 19 etiquetas multifamiliar e 2.366 etiquetas de unidades habitacionais (PBE, 2023).

2.3 MÉTODOS DE ETIQUETAGEM

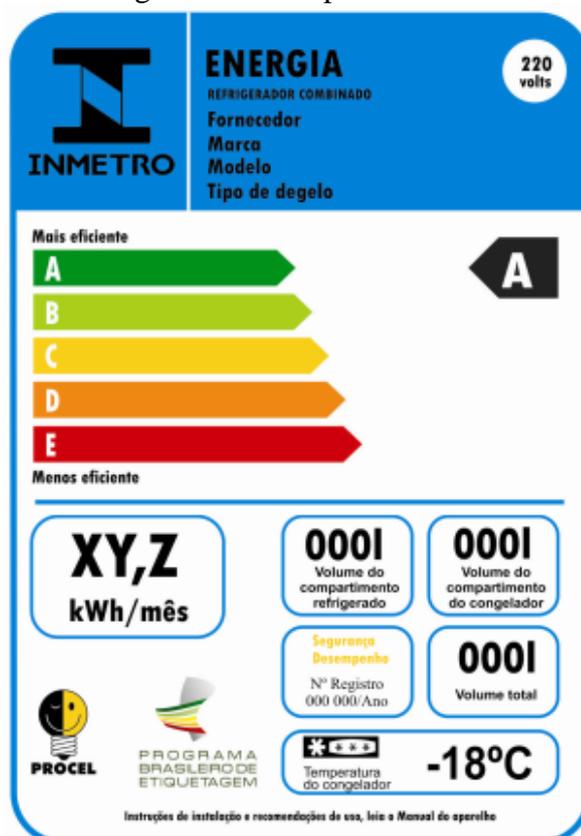
Devido ao uso crescente da energia elétrica no território brasileiro, a datar do ano de 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), desencadeou pautas focadas no desempenho energético e no uso racional da energia e, consoante a isso, principiou a criação de programas com o intuito de avaliar a eficiência dos equipamentos. À vista disso, foi originado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), e com o PROCEL, que são iniciativas governamentais operacionalizadas, respectivamente, pela Petrobras e pela Eletrobras. O PBE é constituído por 38 Programas de Avaliação da Conformidade, que contemplam desde a etiquetagem de produtos da linha branca,

como fogões, refrigeradores e condicionadores de ar, até veículos e edificações (PBE EDIFICA, 2023).

No ano de 2003, foi instituído pela ELETROBRAS/PROCEL, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), um selo que classifica as edificações quanto a eficiência energética. Para a obtenção desses selos, o equipamento ou a edificação devem possuir categoria A em todas as avaliações, previamente definidas, e detalhadas na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (LOPES, 2022 *apud* ELETROBRAS, 2020).

A ENCE é a etiqueta de produtos com informações do desempenho e eficiência baseados em normas e regulamentações. A etiqueta é o selo de conformidade que evidencia o atendimento aos requisitos de desempenho e, dependendo do critério de desempenho avaliado, a etiqueta recebe nomes diferentes. Na Figura 4, é apresentado um exemplo de ENCE destinado a refrigerador combinado.

Figura 4 – Exemplo de ENCE



Fonte: *International Energy Initiative* (2023)

Na ENCE, o nível mais alto de eficiência é o “A”, enquanto o menos eficiente o “E”. Conforme cita Goulart (2016), uma ENCE deve apresentar o tipo de equipamento, nome do

fabricante, marca comercial, indicação do modelo, indicação de eficiência energética, indicação do consumo de energia, informações adicionais pertinentes e assinatura do INMETRO.

Consoante a isso, de acordo com o que cita o *site* do PBE EDIFICA, o PROCEL EDIFICA trabalha através de capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética e, planejamento. A partir do PBE, se desenvolveu os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), que contêm os requisitos necessários para classificação do nível de eficiência energética das edificações.

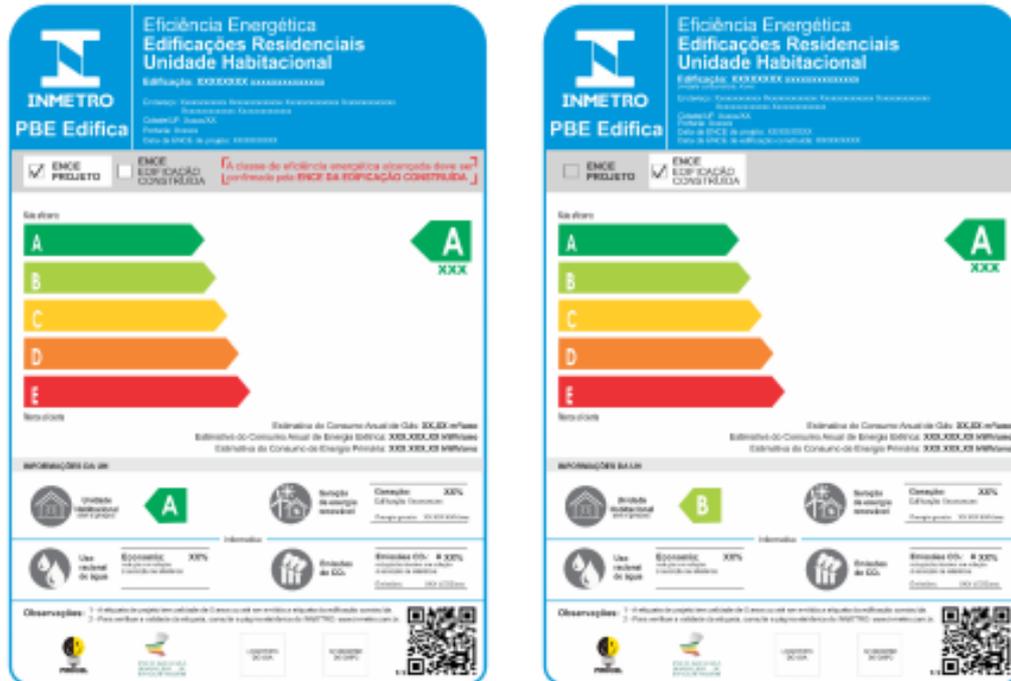
Em setembro de 2022, atendendo as normas da ABNT, foi publicada Portaria do INMETRO nº 309, Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) (PBE, 2022). Nela consta os critérios e métodos utilizados para a classificação de edificações residenciais em relação a sua eficiência energética. Para o cálculo a partir da INI-R, existem três formas de estimar o consumo de energia, o método prescritivo, simplificado e de simulação. O que difere a nova INI-R da RTQ-R, é a adoção de uma edificação de referência. De acordo com a instrução normativa, seu objetivo é

Estabelecer os critérios e os métodos para classificação de edificações residenciais unifamiliares, unidade habitacionais de edificações multifamiliares, porções residenciais de edificações de uso misto e áreas comuns de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais, em projeto ou construídos, quanto à sua eficiência energética, visando à etiquetagem de edificações.

No que diz respeito a RTQ-R, a classificação do desempenho energético era realizada utilizando o equivalente numérico, que é um indicador de consumo que não fornece uma ideia de grandeza relacionada ao consumo real da edificação. Já a INI-R propõe uma melhoria do indicador de desempenho da edificação, que tem o objetivo de auxiliar o consumidor na tomada de decisão no momento da escolha do seu imóvel (CAMPOS, 2021). A RTQ-R passou por mudanças no ano de 2021, considerando, agora, a redução da porcentagem de energia primária. Lopes (2021), se empenhou em realizar uma comparação entre os métodos RTQ- 2014 e RTQ-R 2021 no bloco da Faculdade de Engenharia (FAEN) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A autora concluiu que a metodologia utilizada pela ENCE 2021 se mostra mais criteriosa e próximo da realidade do que o método de 2014.

A ENCE para edificações é dividida em: etapa do projeto, etapa da edificação construída e classificação individual dos sistemas. Nas Figuras 5 e 6, pode ser analisada as etiquetas.

Figura 5 – Modelo da primeira página da ENCE da UH para a etapa de projeto e para a edificação construída



a) Etapa de projeto

b) Etapa da edificação construída

Fonte: INI-R (2022)

Figura 6 – Modelo da segunda página da ENCE da UH, com envoltória pelos métodos simplificado ou de simulação



Fonte: INI-R (2023)

2.4 SÍNTESE REFERENCIAL

Fundamentado nas conceituações ponderadas, será considerada a metodologia utilizada no processo de categorização da etiqueta de uma edificação eficiente pela INI-R. Os projetos arquitetônicos, elétricos, de climatização e de sistema fotovoltaico da unidade habitacional unifamiliar serão analisados. Os indicadores relativos à envoltória, ao sistema de iluminação, ao sistema de condicionamento de ar serão determinados e utilizados para a categorização individual e geral da edificação para, por fim, determinar a redução da energia primária.

3 METODOLOGIA

O método que será descrito aplica-se somente às edificações que atendem aos critérios definidos pela normativa especificados no Quadro 1. Caso a edificação de estudo não cumprisse aos critérios especificados, seria necessário a realização da classificação do nível de eficiência pelo método da simulação.

Quadro 1 – Parâmetros limites da avaliação da envoltória definido para o método simplificado

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

Fonte: INI-R (2022)

A partir do método simplificado, a edificação é avaliada sob duas condições: a real, com as características da edificação; e a de referência, com as características listadas na Tabela 1 - condições geométricas, parâmetros construtivos e de iluminação.

Tabela 1 – Valores de referência para edificações de hospedagem

Uso típico	Edificações de hospedagem	
	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Área (m ²)		Condição real
Orientação solar		Condição real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição real
Aberturas		
PAF - Percentual de área de abertura da fachada (%)	Condição real	45 (0,45)
Componentes construtivos		
Parede	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9,0 cm), argamassa externa (2,5 cm)
Upar - Transmitância da parede externa (W/(m ² .K))	Condição real	2,39
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/(m ² .K))	Condição real	150
Cobertura	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/(m ² .K))	Condição real	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/(m ² .K))	Condição real	233
Vidro	Condição real	Vidro simples incolor 6mm
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/(m ² .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 vizinha (°)*		Condição real
Iluminação e ganhos internos		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	Condição real	15,7**
Densidade de ocupação (m ² /pessoa)	Condição de referência	18,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)**		20,0
Horas de ocupação (horas)		14,4 (assumindo-se 60% de ocupação)
Dias de ocupação (N _{ano}) ****		365
Situação do piso		Condição real
Situação 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 ^b	Condição real	0,95
Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação ^c	Condição real	0,85
Temperatura de armazenamento		Mínimo 50 °C
Temperatura de uso de água quente		38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)
Temperatura de uso de água fria (°C)		Condição real
Perdas na tubulação – sistema de aquecimento de água sem acumulação	Condição real	0
Perdas da recirculação – sistema de aquecimento de água sem acumulação	Condição real	0

Continuação

Perdas de armazenamento – sistema de aquecimento de água sem acumulação	Condição real	0
Perdas na tubulação – sistema de aquecimento de água com acumulação	Condição real	Isolamento de 5 mm, $\lambda=0,03 \text{ W/(m.K)}$
Perdas da recirculação – sistema de aquecimento de água com acumulação	Condição real	Isolamento de 5 mm, $\lambda=0,03 \text{ W/(m.K)}$
Perdas de armazenamento – sistema de aquecimento de água com acumulação	Condição real	

Fonte: INI-R (2022)

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

A Classificação da Envoltória, que relaciona o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação real a uma mesma edificação, em sua condição de referência, é indicado como RedCgTT. A eficiência energética da Envoltória relaciona intervalo de classes “i” e o coeficiente de redução da carga térmica total anual da Classificação D para A (CRCgTT_{D-A}), determinada pela Equação 1:

$$i = \frac{\text{CRCgTT}_{D-A} \cdot 100}{3} \quad (1)$$

Onde:

i valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;
 CRCgTT_{D-A} coeficiente de redução de carga térmica total anual da Classificação D para A ().

O coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para A é determinado a partir do fator de forma e pode ser encontrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Coeficiente de redução da carga térmica anual da Classificação D para A, com base no fator de forma (FF) e classificação climática correspondente

Classificação Climática	Coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a classificação A (CRCgTT _{D-A})			
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
ZB 1	0,43	0,44	0,45	0,47
ZB 2	0,38	0,39	0,41	0,42
ZB 3	0,34	0,34	0,36	0,37
ZB 4	0,28	0,29	0,30	0,31
ZB 5	0,33	0,34	0,35	0,36
ZB 6	0,29	0,29	0,31	0,33
ZB 7	0,19	0,20	0,21	0,22
ZB 8	0,23	0,23	0,24	0,25

Fonte: INI-R (2022)

A partir do intervalo de classes, é possível então substituí-lo no Quadro 3 e determinar o valor da Eficiência Energética para a Envoltória da edificação.

Quadro 3 - Limites dos intervalos das Classificações de Eficiência Energética da Envoltória

Classificação de Eficiência	RedCgTT (%)				
	A	B	C	D	E
	RedCgTT > 3i	3i ≥ RedCgTT > 2i	2i ≥ RedCgTT > i	i ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: INI-R (2022)

Para se determinar o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação em suas condições real e de referência (RedCgTT), é necessário efetuar o cálculo a partir da carga térmica total anual da edificação em sua condição real (CgTT_{real}), e a condição de referência (CgTT_{refD}), de acordo com a Equação 2.

$$\text{RedCgTT} = \frac{\text{CgTT}_{\text{refD}} - \text{CgTT}_{\text{real}}}{\text{CgTT}_{\text{refD}}} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

RedCgTT percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (%);

CgTT_{refD} carga térmica total anual da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$CgTT_{real}$ carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano).

A partir dos índices de carga térmica total anual da edificação estudada ($CgTT_{real}$) e da edificação de referência ($CgTT_{refD}$), pode ser determinado o desempenho térmico anual ($CgTT$). A partir do somatório das cargas térmicas de refrigeração anual ($CgTR_{real}$ em kWh/ano), considerando todas as zonas térmicas condicionadas artificialmente, pode ser calculada a carga térmica para a condição real. No caso de aproveitamento de ventilação natural, é necessário avaliar a fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação (FH_{desc}). Nessa condição, a carga térmica total anual deve ser calculada a partir da Equação 3. Para a condição de referência, a carga térmica total ($CgTT_{refD}$) é equivalente ao valor da carga térmica de refrigeração anual ($CgTR_{refD}$) da edificação.

$$CgTT_{real} = CgTR_{real} \cdot FH_{desc} \quad (3)$$

Onde:

$CgTT_{real}$ carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano);
 $CgTR_{real}$ carga térmica de refrigeração anual da edificação real (kWh/ano);
 FH_{desc} fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação.

A estimativa da carga térmica de refrigeração anual baseia-se em um metamodelo de análise que utiliza redes neurais artificiais para cada realidade climática brasileira, representadas pelas zonas bioclimáticas nas quais estão inseridas. Para realizar a determinação da $CgTR$, é necessário considerar os parâmetros construtivos físicos, geométricos e de carga interna da residência que, para tipologia da edificação hospedagem, estão descritos na Tabela 1.

A edificação deve ser dividida em zonas térmicas de análise. Deve ser considerada a tipologia da edificação, o tipo e/ou especificações técnicas do sistema de condicionamento de ar, o pé-direito da edificação, os espaços com pisos em contato com o solo isolados ou em contato com o exterior e, também os espaços com cobertura em contato com o exterior. As zonas térmicas devem ser separadas considerando as áreas perimetrais e os espaços internos (núcleo central da edificação).

Os parâmetros de entrada são as propriedades térmicas e geométricas da envoltória, que determinam a carga térmica anual de refrigeração real e de referência nas áreas condicionadas artificialmente. Os parâmetros de entrada para o cálculo da carga térmica interna de refrigeração

são: área da zona térmica (m^2); tipo de zona térmica (perimetral/interna); existência de contato com o solo (parâmetro binário – sim, se houver contato; não, se não houver contato, como nos casos de pilotis ou em balanço); existência de cobertura voltada para o exterior (parâmetro binário – sim/não); existência de isolamento térmico no piso (parâmetro binário – não, se não houver isolamento ou se a espessura do isolamento for < 5 mm; sim, se houver isolamento e a espessura for > 5 mm); orientação solar; horas de ocupação por dia; densidade de potência de equipamentos (W/m^2); densidade de potência de iluminação (W/m^2); percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF); fator solar do vidro; transmitância térmica do vidro; absorvância solar da cobertura e paredes externas; pé-direito (m); ângulos de sombreamento: ângulo horizontal de sombreamento (AHS), ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo de obstrução vizinha (AOV); e, capacidade térmica da cobertura e paredes externas ($kJ/(m^2.K)$).

Para efetuar o cálculo do coeficiente de transferência térmica ($H_{el,i}$), deve ser utilizada a Equação 4:

$$H_{el,i} = A_{el,i} \cdot U_{el,i} \quad (4)$$

Onde:

$H_{el,i}$	coeficiente de transferência térmica de um elemento da superfície externa em (W/K);
$A_{el,i}$	área de superfície do elemento, expressa em (m^2);
$U_{el,i}$	transmitância térmica do elemento, expressa em ($W/(m^2.K)$).

O coeficiente de transferência térmica total (H_{total}), por sua vez deve ser calculado pela Equação 5:

$$H_{total} = \sum_{i=1}^n H_{el,i} \quad (5)$$

Onde:

H_{total}	coeficiente de transferência térmica total da superfície, expresso em (W/K);
$H_{el,i}$	coeficiente de transferência térmica de um elemento da superfície externa em (W/K);
n	número de elementos que compõem a superfície externa.

A densidade de potência dos equipamentos (DPE) é adotada de acordo com a tipologia da edificação, porém pode ser obtida a partir do levantamento físico, assim como a densidade de potência de iluminação (DPI). A DPI real é um valor único que relaciona potência total

instalada na área iluminada. A DPI referência, por sua vez, é um valor fixo expresso na Tabela 1, enquanto a DPI_{total} instalada na edificação é calculada pela Equação 6.

$$DPI_t = \frac{PI_t}{AI_t} \quad (6)$$

Onde:

- DPI_t densidade de potência instalada total da edificação (W/m^2);
- PI_t potência de iluminação instalada total da edificação, sem controle automatizado (W);
- AI_t área iluminada total da edificação (m^2).

A absorptância solar da cobertura e paredes externas deve ser considerada em cada zona térmica e deve ser determinada considerando o valor médio das parcelas das paredes. Os valores utilizados estão disponíveis na NBR 15220 – Parte 2.

Os ângulos de sombreamento vertical e horizontal devem ser definidos por meio da ponderação do ângulo em função da área de abertura de cada zona térmica seguindo as especificações descritas.

As edificações ventiladas naturalmente ou híbridas são analisadas de acordo com o percentual de horas ocupadas em conforto térmico ao longo do uso da ventilação natural (PHOCT). A estimativa de PHOCT pode ser obtida através da Equação 7.

$$PHOCT = 100 - EHF_{hot} \quad (7)$$

Onde:

- PHOCT percentual de horas ocupadas em conforto térmico (%);
- EHF_{hot} percentual de horas ocupadas em desconforto térmico por calor (%).

O cálculo de EHF_{hot} pode ser determinado com o auxílio de uma interface web do PBE Edifica. Os valores definidos para cada um dos parâmetros de entrada, e para cada zona térmica de análise, quando inseridos no metamodelo disponível na normativa, resulta na densidade de carga térmica para refrigeração ($DCgTR$, em kWh/m^2) e na carga térmica de refrigeração anual ($CgTR$, em kWh/ano) por zona.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Neste item, serão descritos os procedimentos para avaliação do sistema de ar-condicionado, que se baseia no percentual de redução do consumo de refrigeração ($RedC_R$), determinado pela diferença entre o consumo de refrigeração real e de referência, expresso pela Equação 8.

$$RedC_R = \frac{C_{R,refD} - C_{R,real}}{C_{R,refD}} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde:

- $RedC_R$ percentual de redução do consumo de refrigeração (%);
- $C_{R,refD}$ consumo de refrigeração da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);
- $C_{R,real}$ consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano).

De acordo com o percentual de redução do consumo de refrigeração, é possível determinar a Classificação de eficiência energética que, diferente da Classificação Geral e de Envolvente, a definição do $RedC_R$ é obtida de acordo com a zona bioclimática.

Quadro 4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética de acordo com a classificação climática da edificação em que o sistema de condicionamento de ar está sendo avaliado

Classificação climática	RedC _R (%)				
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D	Classif. E
Zonas bioclimáticas 1, 2 e 3	RedC _R > 51	51 ≥ RedC _R > 34	34 ≥ RedC _R > 17	17 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 4, 5 e 6	RedC _R > 48	48 ≥ RedC _R > 32	32 ≥ RedC _R > 16	16 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 7 e 8	RedC _R > 43	43 ≥ RedC _R > 29	29 ≥ RedC _R > 14	14 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0

Fonte: INI-R (2022)

A partir da carga térmica total anual real e do coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar, é possível calcular o consumo de refrigeração da edificação real ($C_{R,real}$), a partir da Equação 9:

$$C_{R,real} = \frac{C_{gTT_{real}}}{CEE_R} \quad (9)$$

Onde:

- $C_{R,real}$ consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano);
 $C_{gTT_{real}}$ carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação real;
 CEE_R coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração ().

O cálculo da carga térmica total anual da edificação na condição de referência, deve utilizar o cálculo do consumo de refrigeração da edificação na condição de referência ($C_{R,refD}$), e o consumo do equipamento, como pode ser visto na Equação 10.

$$C_{R,refD} = \frac{C_{gTT_{refD}}}{2,6} + \frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000} \quad (10)$$

Onde:

- $C_{R,refD}$ consumo de refrigeração da edificação na condição de referência (kWh/ano);
 $C_{gTT_{refD}}$ carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação em sua condição de referência;
 W_{vent} potência do equipamento de renovação de ar (W);
 h horas de uso da edificação;
 N_{ano} dias de ocupação ao ano.

O cálculo do coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração, por sua vez, é desenvolvido considerando sua característica: Split de velocidade fixa ou *Split inverter*. Para os casos de o condicionador de ar ser *Split inverter*, o coeficiente de eficiência energética está relacionado ao Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) e pode ser calculado pela Equação 11:

$$CEE_R = \frac{C_{gTT_{real}}}{\frac{C_{gTT_{real}}}{IDRS} + \frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000}} \quad (11)$$

Onde:

- CEE_R coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração;
 $C_{gTT_{real}}$ carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação real;
 $IDRS$ Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal;

W_{vent}	potência do equipamento de renovação de ar (W);
h	horas de uso da edificação;
N_{ano}	dias de ocupação ao ano.

Para conhecimento do IDRS, o PBE Edifica disponibiliza um documento do INMETRO, que relaciona as propriedades do aparelho e está em formato xlsx. Além disso, é possível determinar o IDRS a partir de um metamodelo disponibilizado pelo PBE Edifica que considera o Fator De Desempenho Sazonal De Resfriamento.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A Classificação energética do sistema de iluminação de uma residência está relacionada ao percentual de redução do consumo do sistema de iluminação da Classificação D ($C_{IL,refD}$) até a Classificação A ($C_{IL,refA}$). O percentual $RedC_{IL}$ é calculado pela Equação 12.

$$RedC_{IL} = \frac{C_{IL,refD} - C_{IL,real}}{C_{IL,refD}} \cdot 100 \quad (12)$$

Onde:

$RedC_{IL}$	percentual de redução do consumo de iluminação (%);
$C_{IL,refD}$	consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);
$C_{IL,real}$	consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano).

O intervalo de classes “i”, para a eficiência energética do sistema de iluminação, é dado pela Equação 13. Por fim, utilizando-se o valor obtido no intervalo de classes, é possível determinar o nível de eficiência a partir do Quadro 5.

$$i = \frac{C_{IL,refD} - C_{IL,refA}}{3} \cdot 100 \quad (13)$$

Onde:

i	valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;
$C_{IL,refA}$	consumo do sistema de iluminação com a Classificação A (kWh/ano);
$C_{IL,refD}$	consumo do sistema de iluminação com a Classificação D (kWh/ano).

Quadro 5 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética para o sistema de iluminação

Classificação de Eficiência	RedC _{IL} (%)				
	A	B	C	D	E
	RedC _{IL} > 3i	3i ≥ RedC _{IL} > 2i	2i ≥ RedC _{IL} > i	i ≥ RedC _{IL} ≥ 0	RedC _{IL} < 0

Fonte: INI-R (2022)

A Classificação se dará, agora, a partir do RedC_{IL}, calculado utilizando-se o consumo de iluminação na condição real e de referência. Para a edificação real tem-se o obtido pela Equação 14:

$$C_{IL,real} = \frac{PI_T \cdot h \cdot N_{ano}}{1000} \quad (14)$$

Onde:

- C_{IL,real} consumo do sistema de iluminação da edificação real (kWh/ano);
- PI_T potência de iluminação total instalada (W);
- h horas de uso da edificação por dia;
- N_{ano} número de dias de ocupação ao ano.

Para o consumo na condição de referência, por sua vez, é necessário determinar a potência de iluminação limite, encontrada pelo “Método do edifício completo” ou pelo “Método das atividades do edifício”. Em ambos os métodos são descritos o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para a classificação de eficiência pretendida. Para tais métodos são expressos valores para o nível D e para o nível A. A potência de iluminação limite é dada a partir da soma da multiplicação da área dos ambientes pela densidade de potência de iluminação, como pode ser visto na Equação 15.

$$P_{IL} = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot DPI_L) \quad (15)$$

Onde:

- P_{IL} potência de iluminação limite para cada Classificação (A ou D) em W;
- A_i área iluminada para cada uma das atividades, se houver mais de uma (m²);
- DPI_L densidade de potência limite para cada uma das atividades, se houver mais de uma (W/m²).

Após se determinar a potência de iluminação limite, obtém-se o consumo de iluminação na condição de referência para os níveis D e A de eficiência (Equação 16).

$$C_{IL,refD e A} = \frac{PI_{LD e A} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000} \quad (16)$$

Onde:

- $C_{IL,refD e A}$ consumo do sistema de iluminação das condições de referência equivalentes à Classificação D e Classificação A (kWh/ano);
 $PI_{LD e A}$ potência de iluminação limite para a Classificação D e Classificação A (W);
 h horas de uso da edificação por dia;
 N_{ano} número de dias de ocupação ao ano.

3.4 CLASSIFICAÇÃO GERAL

A Classificação Geral da edificação é analisada a partir do método simplificado, realizada de acordo com o percentual de redução de consumo estimado de energia primária. A condição de referência equivale a Classificação D e, dessa forma, é esperado que a eficiência energética da edificação alcance uma melhor classificação. Esse percentual de redução é obtido a partir da Equação 17.

$$RedC_{EP} = \frac{C_{EP,refD} - C_{EP,real}}{C_{EP,refD}} \cdot 100 \quad (17)$$

Onde:

- $RedC_{EP}$ percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência (%);
 $C_{EP,refD}$ consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);
 $C_{EP,real}$ consumo de energia primária da edificação em sua condição real (kWh/ano).

O consumo de energia primária da edificação real, é obtido pela soma do consumo estimado de energia elétrica ($C_{EE,real,FCt}$) e térmica ($C_{ET,real}$), multiplicados pelos fatores de conversão fc_E e fc_T , que servem para se obter o cálculo em energia primária. Tais fatores, que podem ser observados no Quadro 6, são estimados anualmente, e variam de acordo com as

condições hidrológicas, considerando a predominância hídrica na matriz elétrica do Brasil (CB3E, 2017).

Quadro 6 - Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária

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

Fonte: INI-R (2022)

Equacionando o consumo de energia primária da edificação real, tem-se a Equação 18:

$$C_{EP,real} = (C_{EE,real} \cdot fc_E) + (C_{ET,real} \cdot fc_T) - (G_{EE} \cdot fc_E) \quad (18)$$

Onde:

- $C_{EP,real}$ consumo de energia primária da edificação real (kWh/ano);
- $C_{EE,real}$ consumo total de energia elétrica da edificação real (kWh/ano);
- $C_{ET,real}$ consumo total de energia térmica da edificação real (kWh/ano);
- fc_E fator de conversão de energia elétrica em energia primária ();
- fc_T fator de conversão de energia térmica em energia primária ();
- G_{EE} energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano).

O consumo de energia primária para a edificação de referência, por sua vez, é dado pela Equação 19:

$$C_{EP,refD} = C_{EE,refD} \cdot fc_E \quad (19)$$

Onde:

- $C_{EP,refD}$ consumo de energia primária da edificação na condição de referência (kWh/ano);
- $C_{EE,refD}$ consumo total de energia elétrica da edificação na condição de referência (kWh/ano);
- fc_E fator de conversão de energia elétrica em energia primária ()

Para se encontrar o consumo total de energia elétrica na condição real $C_{EE,real}$, e na de referência $C_{EE,refD}$, é necessário considerar o consumo de refrigeração, iluminação, aquecimento de água e consumo dos equipamentos, como explicita a Equação 20:

$$C_{EE,real\ ou\ refD} = C_{R,real\ ou\ refD} + C_{IL,real\ ou\ refD} + C_{AAE,real\ ou\ refD} + C_{EQ} \quad (20)$$

Onde:

$C_{EE,real\ ou\ refD}$	consumo total de energia elétrica da edificação real ou de referência (kWh/ano);
$C_{R,real\ ou\ refD}$	consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação real ou de referência (kWh/ano);
$C_{IL,real\ ou\ refD}$	consumo do sistema de iluminação da edificação real ou de referência (kWh/ano);
$C_{AAE,real\ ou\ refD}$	consumo do sistema de aquecimento de água em energia elétrica da edificação real ou de referência (kWh/ano);
C_{EQ}	consumo de equipamentos (kWh/ano).

O consumo dos equipamentos utilizado para efetuar o cálculo definido pela Equação 20, pode ser obtido através da Equação 21.

$$C_{EQ} = \frac{P_i \cdot h \cdot N_{ano}}{100} \quad (21)$$

Onde:

C_{EQ}	consumo dos equipamentos (kWh/ano);
P_i	potência instalada do equipamento (W);
h	horas de uso da edificação;
N_{ano}	dias de ocupação ao ano.

Para se determinar a Classificação Geral da eficiência energética da edificação deve-se obter a Classificação de A até E, e, para isso, encontra-se o coeficiente de redução do consumo de energia primária da Classificação D para A (CRC_{EPD-A}). Por fim, o coeficiente é avaliado de D para A, pois, se o percentual de redução de energia primária da edificação for negativo, a eficiência será classificada como “E”. Esse valor está relacionado ao coeficiente de forma da edificação, bem como, a classificação climática (Equação 22).

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (22)$$

Onde:

FF fator de forma da edificação (m^2 / m^3);
 A_{env} área da envoltória (m^2);
 V_{tot} volume total construído da edificação (m^3).

A Classificação “A – D” é obtida a partir de intervalos. O limite de intervalo das Classificações de eficiência energética geral da edificação, que conseqüentemente, caracterizará a letra (e o percentual de redução da energia primária) é definido pela variável “i”, calculada utilizando a Equação 23:

$$i = \frac{CRC_{EPD-A} \cdot 100}{3} \quad (23)$$

Onde:

i Valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;
 CRC_{EPD-A} Coeficiente de redução do consumo de energia primária da Classificação D para A.

O valor de CRC_{EPD-A} pode ser obtido a partir do Quadro 7, que relaciona o fator de forma e a zona bioclimática. Para Dourados - MS, de acordo com o Anexo G.1, presente na normativa, é igual a 3.

Quadro 7 – Coeficiente de redução do consumo de energia primária da Classificação D para A, com base no fator de forma (FF) e Classificação climática correspondente

Classificação Climática	Coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para a classificação A (CRC_{EPD-A})			
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$
ZB 1	0,37	0,35	0,34	0,34
ZB 2	0,36			0,34
ZB 3		0,35	0,33	
ZB 4	0,36			0,34
ZB 5		0,34	0,33	
ZB 6	0,35			0,33
ZB 7		0,35	0,33	
ZB 8				

Fonte: INI-R (2022)

Por fim, através do Quadro 8, pode ser obtido os intervalos da Classificação da eficiência energética da residência (A – E) e, conseqüentemente, a redução percentual de energia primária da edificação.

Quadro 8 – Limites dos intervalos das Classificações de eficiência energética geral da edificação

Classificação de Eficiência	Red _{CEP} (%)				
	A	B	C	D	E
	Red _{CEP} > 3i%	3i% ≥ Red _{CEP} > 2i%	2i% ≥ Red _{CEP} > i%	1% ≥ Red _{CEP} ≥ 0%	Red _{CEP} < 0%

Fonte: INI-R (2022)

Fundamentado nos equacionamentos, quadros e tabelas apresentados nos itens acima, a Classificação dos sistemas individuais e geral da edificação será determinada a partir da INI-R utilizando o método simplificado. Desta maneira, poderá ser realizada uma análise dos resultados obtidos e, também a sugestão de meios que possam melhorá-los.

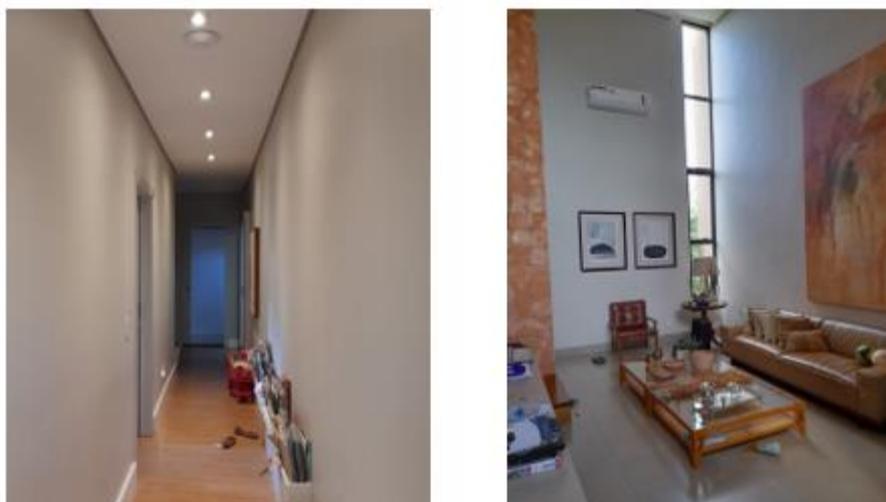
4 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA ENCE

A partir da metodologia apresentada, será desenvolvido neste capítulo a Classificação da eficiência energética de uma residência (ENCE), bem como a redução de energia primária considerando a mesma moradia como referência classe “D”.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA RESIDÊNCIA

O estudo de caso desse trabalho é uma construção unifamiliar em alvenaria localizada na cidade de Dourados, no Estado do Mato Grosso do Sul. A casa acomoda uma família de quatro pessoas e, é composta por dois pavimentos. A construção é constituída por uma garagem com espaço para dois automóveis, sala de estar/televisão, cozinha, lavanderia, despensa, três suítes, escritório e, área *gourmet* com lavabo. O projeto conta com uma área reservada para piscina, que acabou não sendo construída, mas que, não impactou nos cálculos realizados. O projeto foi finalizado em junho de 2016, enquanto a obra em 2017, em um terreno de 360m². A área do pavimento térreo é de 207,64m² e a área do pavimento superior é de 23,26m², totalizando 230,9m². A casa possui instalação fotovoltaica, com geração média de 5,78 MWh/ano, que foi obtida a partir da média de geração do período de 2019 a 2022. Na Figura 8, podem ser observados o corredor, a sala de estar, a área gourmet, a cozinha, a escada e o escritório da residência em estudo. As áreas úteis encontram-se relacionadas no Tabela 2.

Figura 7 - Fotografias da edificação de estudo



a) Corredor



b) Sala de Estar



c) Área Gourmet

d) Cozinha



e) Escada

f) Escritório

Fonte: Residência em estudo (2023)

Tabela 2 – Área útil de cada cômodo da edificação

Pavimento Inferior	
Denominação do local	Área útil (m ²)
Garagem	31,02
Sala de estar/televisão	18,50
Living	10,89
Espaço gourmet	27,97
Lavado do espaço gourmet	2,12
Deck	14,96
Prainha	3,50
Área destinada a piscina	7,25
Suíte 1	23,40
Suíte 2	15,50
Suíte 3	15,50
Cozinha	11,90
Despensa	1,48
Lavanderia	5,40
Circulação	12,6
Pavimento Superior	
Escritório	16,38

Fonte: Autora (2023)

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

Conforme especifica a INI-R (PBE, 2022), a edificação está localizada na zona bioclimática 3 e, por se tratar de uma edificação residencial, foram adotados os critérios estabelecidos para hospedagem (Tabela 1), com exceção das horas de ocupação, que no cálculo da envoltória, são 24 horas. A princípio foi necessária a realização da divisão das zonas térmicas de análises que podem ser visualizadas no Anexo A. A partir do projeto arquitetônico (Apêndice A), foram definidas seis zonas térmicas, sendo cinco zonas perimetrais e uma zona interna de análise. A partir da divisão apresentada, foi possível inserir no metamodelo as informações necessárias para o cálculo da carga térmica de refrigeração anual para cada zona. Na Tabela 3 podem ser vistos parte dos dados inseridos no metamodelo para a zona 1, enquanto no Anexo B, pode ser analisada a interface do metamodelo com os dados de todas as zonas térmicas.

Tabela 3 - Dados iniciais da Zona Térmica 1 no metamodelo para obtenção da carga térmica da envoltória na condição real

Área	33,75 (m ²)
Tipo de zona	Perimetral
Orientação solar	N
Densidade de potência dos equipamentos	20,00 (W/m ²)
Densidade de potência de iluminação	4,00 (W/m ²)
Fator solar do vidro	0,75 ()
Transmitância térmica do vidro	5,70 (W/m ² K)
Absortância solar da parede	0,20 ()
Transmitância térmica da parede	3,70 (W/m ² K)
Capacidade térmica da parede	149 (kJ/m ² K)

Fonte: Autora (2023)

Os parâmetros de entrada, em sua maioria, foram obtidos a partir da NBR 15220, que trata sobre o desempenho térmico de edificações. A densidade de potência dos equipamentos utilizada foi de 20 W/m² e é o valor especificado pela INI-R. O fator solar do vidro incolor é de 0,75, e indica a transmitância, caracterizando o nível de isolamento térmico do vidro – quanto mais baixo, maior é o nível de isolamento. Para vidros laminados comuns a transmitância é entre 5 e 6 W/m²K, sendo assim, foi considerado 5,7 W/m²K. De acordo com a NBR 15220, a absortância solar da parede, considerando as paredes na cor branca, é de 0,20. Os ângulos de sombreamento são importantes pois aumentam a precisão dos cálculos termodinâmicos, sobretudo, foi verificado 0°. Após a finalização da inserção dos dados no metamodelo, foi

apresentada a carga térmica de refrigeração anual para cada zona térmica, como pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9 - Carga térmica de refrigeração anual para cada zona térmica da edificação

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
$CgTR_{real}$ (kWh/ano)	8.843,79	30.280,51	8,766,13	27.402,54	9.472,18	65.215,38

Fonte: Autora (2023)

Considerando os ambientes híbridos da edificação, a partir do metamodelo do *Natural Comfort* disponível no site do PBE Edifica foi possível estimar o percentual de horas ocupadas em conforto térmico (Anexo C), obtendo-se 26%. A carga térmica total anual da edificação foi determinada a partir da Equação 3 e, resultou em 16.956 kWh/ano. A partir do fator de forma de 0,18 (Equação 22) e da zona bioclimática, analisando o Quadro 2, encontra-se o coeficiente de redução da carga térmica anual da Classificação D para A igual a 0,34.

Considerando a edificação na condição de referência, os dados foram inseridos no metamodelo e encontrou-se uma carga térmica de refrigeração de 91.915,56 kWh/ano e, uma vez que não se considera a fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação, esse valor é também a carga térmica total anual da edificação.

Sabendo o coeficiente de redução da carga térmica anual da Classificação D para a Classificação A, é possível encontrar o intervalo de classes “i” igual a 11,33 (Equação 1) e, substituindo no Quadro 3, encontrar os limites dos intervalos das Classificações de eficiência energética da Envoltória da edificação, como pode ser observado no Quadro 10.

Quadro 10 - Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação envoltória da edificação

Nível de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo (%)	-	>22,66	>11,33	>0	-
Limite Máximo (%)	>34,00	≤34,00	≤22,66	≤11,33	<0

Fonte: Autora (2023)

A partir da Equação 2, foi constatado o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação em suas condições real e de referência (RedCgTT) é de 81,55%, obtendo-se, assim, um nível de eficiência “A”, para envoltória da edificação.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A Classificação energética do sistema de condicionamento de ar, envolve o consumo de refrigeração tanto na edificação real quanto na de referência. A residência está equipada com cinco aparelhos, sendo um de 9.000 Btu/h localizado no escritório (Aparelho 1), um com 27.000 Btu/h na sala de estar (2), um com 17.000 Btu/h na sala de televisão (3) e, dois com capacidade de refrigeração igual a 12.000 Btu/h (4 e 5), nos quartos um e dois.

Sabendo o valor da carga térmica de refrigeração anual da residência, determinada anteriormente pelo metamodelo no cálculo da envoltória, foi necessário conhecer as especificações do condicionador de ar para efetuar o cálculo do coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração. Uma vez que para a edificação de estudo os condicionadores possuem capacidade inferior a 60.000 Btu/h, o cálculo de CEE_R , é realizado de acordo como Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal e, o Coeficiente de Performance (IDRS). A partir da tabela do INMETRO para condicionadores de ar *split hi-wall* (PBE, 2023), foi possível determinar os IDRS para os aparelhos tipo *Split inverter*. Conhecendo IDRS e COP do aparelho não *inverter*, foi possível determinar que CEE_R (Equação 11) para cada aparelho e realizar a média para o cálculo do consumo de refrigeração (Equação 9), sintetizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo de refrigeração real para cada aparelho de ar condicionado.

Aparelho	CEE_R	Consumo de refrigeração real (kWh/ano)
1	7,00	9.317,53
2	7,60	8.582,02
3	6,20	10.519,66
4	6,00	10.870,28
5	9,77	6.285,14
Média	7,31	8.917,08

Fonte: Autora (2023)

A partir do Quadro 4, foi constatado que para a zona bioclimática na qual está inserida a edificação, a Classificação energética para o sistema de condicionamento de ar é “A”, uma vez que o percentual de redução da edificação determinado pela Equação 8 é igual a 74,77%.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A Classificação da Eficiência Energética do Sistema de Iluminação da edificação, está relacionado ao percentual de redução do consumo de iluminação e depende do consumo de iluminação. O consumo de iluminação da edificação é de 7.137,65 kWh/ano (Equação 14) considerando a potência total de iluminação instalada de 1.358 W.

O “Método das atividades do edifício” foi adotado para a realização dos cálculos. O consumo de iluminação na condição de referência depende da potência de iluminação limite, que está relacionado a densidade de potência de iluminação. A partir da área de cada ambiente e do Apêndice C, encontrou-se uma densidade de potência de iluminação para cada ambiente (Tabela 5).

Tabela 5 – Densidade de potência de iluminação para cada ambiente

Ambiente	DPI_L Classif. A (W/m²)	DPI_L Classif. D (W/m²)
Suíte	6,65	10,47
Banheiro Suíte	10,35	17,12
Quarto 1	6,65	10,47
Banheiro Quarto 1	10,35	15,5
Quarto 2	6,65	10,47
Banheiro Quarto 2	10,35	15,5
Cozinha + dispensa	11,40	17,12
Lavanderia	4,65	10,4
Garagem	1,50	3,2
Sala de estar	7,55	9,6
Living	7,55	9,6
Espaço gourmet	7,55	9,6
Lavabo	10,35	15,5
Circulação	7,10	11,36
Escritório	10,00	19,04
Escada	6,25	11,84

Fonte: Autora (2023)

Para ser determinado o consumo de iluminação na condição de referência considera a Classificação D e A. Dado os valores expressos na Tabela 5, pode se encontrar a potência de iluminação limite para a Classificação D de 2.134,02 W e, para A de 1.377,69 W (Equação 15). Dessa maneira o consumo de iluminação na condição de referência foi determinado a partir da

Equação 16, sendo 11.216,43 kWh/ano e, 7.241,14 kWh/ano, para a Classificação D e para a Classificação A, respectivamente.

Utilizando os consumos de iluminação na condição de referência (Equação 16), é possível encontrar o índice que representa o intervalo entre as classes “i” igual a 11,81 (Equação 13) e, conseqüentemente, substituí-lo no Quadro 5, para encontrar os limites dos intervalos das Classificações de Eficiência Energética do Sistema de Iluminação da edificação, como pode ser observado no Quadro 11.

Quadro 11 - Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação do Sistema de Iluminação da edificação

Nível de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo (%)	-	$\geq 23,62$	$\geq 11,81$	≥ 0	-
Limite Máximo (%)	$> 35,44$	$\leq 35,44$	$\leq 23,62$	$\leq 11,81$	< 0

Fonte: Autora (2023)

O percentual de redução do consumo de iluminação, resultou em 36% (Equação 12). Fundamentado nesses valores, foi identificado o nível de eficiência “A”, para o sistema de iluminação da edificação de estudo.

4.5 CLASSIFICAÇÃO GERAL

Posterior ao cálculo da Classificação da Envoltória, do Sistema de Condicionamento de ar e do Sistema de Iluminação, foi possível calcular a Classificação Geral de Eficiência Energética da edificação. Para essa classificação, é necessário determinar o percentual de redução do consumo de energia primária e, a partir do consumo da edificação real e de referência. O consumo de energia primária da edificação real, considerando a contribuição da geração local por fontes renováveis que, nesse caso, possui instalação fotovoltaica com geração de 168.270,86 kWh/ano (Equação 18). Comparando com o valor de consumo de energia primária na condição de referência, encontra-se um percentual de redução de energia de 58,24% (Equação 17).

Utilizando o fator de forma de 0,2 (Equação 22), encontra-se o coeficiente de redução do consumo de energia primária da Classificação D para A, determinado pelo Quadro 7. Dessa maneira, é possível calcular o intervalo de classes “i” e, conseqüentemente substituí-lo no

Quadro 8 para encontrar os limites dos intervalos das Classificações de Eficiência Energética Geral da edificação, como pode ser observado no Quadro 12.

Quadro 12 - Limites dos níveis de eficiência energética para Classificação Geral da edificação

Nível de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo (%)	-	>24,00	>12,00	>0	-
Limite Máximo (%)	>36,00	≤36,00	≤24,00	≤12,00	<0

Fonte: Autora (2023)

Dessa forma, foi possível constatar que o nível de eficiência para a Classificação Geral é “A”. Na Tabela 6, são apresentados os resultados das Equações de 17 a 23.

Tabela 6 - Resultados da Classificação Geral da edificação

Parâmetro	Valor Encontrado
$C_{EP,real}$: Consumo de energia primária da edificação real	168.270,86 kWh/ano
$C_{EP,refD}$: Consumo de energia primária da edificação de referência	402.906,27 kWh/ano
$C_{EE,real}$: Consumo de energia elétrica da edificação real	105.747 kWh/ano
$C_{EE,refD}$: Consumo de energia elétrica da edificação de referência	251.816 kWh/ano
C_{EQ} : Consumo de energia elétrica dos equipamentos	53.034,5 kWh/ano
G_{EE} : Energia gerada por fontes locais de energia renovável	577,5 kWh/ano
FF : Fator de forma	0,2
i : Coeficiente para classificação dos limites dos intervalos	12
Red_{CP} : Percentual de redução de consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência	58%
Nível de Eficiência	A

Fonte: Autora (2023)

Em síntese, a Classificação geral e a Classificação dos sistemas individuais da envoltória, condicionamento de ar e iluminação, obtiveram nível “A”. O encontrado um percentual de redução da energia primária entre a edificação na condição real e na condição de referência igual a 58,00%, enquanto se alcançou um percentual de redução de consumo de 81,55%, 74,8% e 36% para a envoltória, condicionamento de ar e iluminação, respectivamente.

5 CONCLUSÃO

Baseado na análise dos projetos arquitetônicos, de climatização e elétrico da edificação de estudo, a Classificação da envoltória, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e geral pôde ser realizada a partir do modo simplificado utilizando a Portaria do INMETRO n° 309. Fundamentado nos resultados obtidos é possível dizer que a edificação possui uma satisfatória eficiência energética, uma vez que, tanto nos sistemas individuais, quanto no geral, obteve-se uma Classificação nível “A” de eficiência.

A partir do método simplificado, que se baseia no percentual de redução do consumo considerando a edificação na condição real e na condição de referência, encontrou-se que a Classificação geral da edificação demonstra uma redução de consumo de energia primária de 58%. Esse valor está associado a todos os sistemas da edificação, equipamentos utilizados diariamente e a energia gerada por fontes locais de energia renovável.

Em concordância com a norma, para que o sistema da envoltória alcance classificação “A”, é necessário que o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação seja maior que três vezes o valor calculado que representa o intervalo entre as classes “i”. De acordo com os cálculos, a edificação alcançaria nível “A” desde que esse percentual fosse maior que 34% e, uma vez que o percentual encontrado foi de 81,55%, se evidencia que a envoltória da residência é cerca de 47% mais eficiente do que é exigido para a certificação “A”.

O sistema de iluminação obteve um percentual de redução do consumo de 36,4%, enquanto o requerido para a Classificação “A” era de 35,45%, sendo assim, apenas 1% a mais do que o definido. Isso pode ser atribuído ao fato das planilhas de cálculo não considerarem lâmpadas LED. Com relação ao sistema de condicionamento de ar, seu percentual de redução foi considerado satisfatório, uma vez que nem todos os cômodos da edificação eram condicionados de forma híbrida, ou seja, que funcionam a partir da combinação entre a ventilação natural e unidades condicionadoras de ar.

Em suma, sugere-se que para trabalhos futuros, a edificação seja também avaliada pelo método da simulação disposto na Instrução Normativa, buscando-se comparar os resultados. Esse método realiza a classificação da edificação a partir de fatores e condições não ponderadas no método simplificado, como a iluminação natural da edificação, modelagem das persianas ou cortinas, reutilização da água etc. Ademais, por se tratar de uma Portaria recente, futuramente,

o aumento do número de referências do assunto pode incentivar cada vez mais a busca por construções mais eficientes e com reconhecimento de Edificações de Energia Quase Zero.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2023. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo.** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>

Acedido em 25 de Abril de 2023.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2021. Relatório Final. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2022/ben-2022-relatorio-final/view>>

Acedido em 26 de Fevereiro de 2023.

ACORONI, Júnio Célio Pereira; DA SILVA, Arlete Viera; DE SOUZA, Euzébio D. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Melhores Práticas em economia de energia em um setor industrial.** 2013.

Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/artigo_junio.pdf>

Acedido em 18 de Janeiro de 2023.

CAMPOS, Paloma Melo, 2021. **Análise comparativa do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R para a etiquetagem de uma edificação multifamiliar.** Disponível em:

<
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/240223/001140201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Acedido em 27 de Abril de 2023.

Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, 2017. **Fatores de conversão de energia elétrica em energia primária.** Disponível em: <

<https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relat%C3%B3rio%20Fatores%20de%20Convers%C3%A3o.pdf#:~:text=Os%20fatores%20de%20convers%C3%A3o%20de%20eletricidade%20e%20g%C3%A1s,a%20eletricidade%20e%20de%201%2C1%20para%20o%20g%C3%A1s.>>

Acedido em 27 de Abril de 2023.

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida; BERMANN, Célio. **Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. Estudos Avançados**, v. 31, p. 213-235, 2017.

Disponível em: <

<https://www.scielo.br/j/ea/a/hXZkgrScCXDNK97M8f59w9K/abstract/?lang=pt>>

Acedido em 1 de Março de 2023.

COLOMER, Marcelo. **ECONOMIA E ENERGIA NO BRASIL**, 2021.

Disponível em:

<<https://scholar.archive.org/work/lhanugd5jzbf7nyfmo6ekgkuqy/access/wayback/https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/download/634/482/>>

Acedido em 01 de Novembro de 2022.

DOS REIS, Lineu Belico; SANTOS, Eldis Camargo. **Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais.** Editora Manole, 2006. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=HqZOCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=DOS+REIS,+Lineu+Belico%3B+SANTOS,+Eldis+Camargo.+Energia+el%C3%A9trica+e+sustentabilidade:+aspectos+tecnol%C3%B3gicos,+socioambientais+e+legais.+Editora+Manole,+2006.&ots=vDiaYH8J5->>

&sig=0jNzJDZ1zdZRPtLRLDZ93HtTodk&redir_esc=y#v=onpage&q=DOS%20REIS%2C%20Lineu%20Belico%3B%20SANTOS%2C%20Eldis%20Camargo.%20Energia%20el%C3%A9trica%20e%20sustentabilidade%3A%20aspectos%20tecnol%C3%B3gicos%2C%20sociambientais%20e%20legais.%20Editora%20Manole%2C%202006.&f=false>
Acedido em 1 de Março de 2023.

ELI, Letícia Gabriela et al. **Avaliação de medidas de eficiência energética em uma edificação multifamiliar por meio do regulamento brasileiro de etiquetagem.** 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/182031>>
Acedido em 5 de Março de 2023.

EPE, **Anuário Estatístico de Energia Elétrica,** 2022. Disponível em: <<shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario-livro/>>
Acedido em 07 de Fevereiro de 2023.

EPE, **MATRIZ ENERGÉTICA.** Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>
Acedido em 31 de Outubro de 2022.

IEI, **O que é a etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE)?** Disponível em: <<https://iei-brasil.org/2019/05/30/o-que-e-a-etiqueta-nacional-de-conservacao-de-energia-ence/>>
Acedido em 3 de Abril de 2023.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. **O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002.** Revista de Administração Pública, v. 43, p. 295-321, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rap/a/NWxd9HmK8wJBGKMPq6GcLqz/abstract/?lang=pt>>
Acedido em 01 de Novembro de 2022.

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2023. **Edificações de Energia Quase Zero (NZEBS).** Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/edificacoes-de-energia-quase-zero>>
Acedido em 24 de Abril de 2023.

LOPES, Izabelle Morales et al. **Edificação eficiente: comparação entre os métodos de etiquetagem de 2014 e 2021 no bloco da FAEN–UFGD.** 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/5071>>
Acedido em 29 de Setembro de 2022.

Ministério de Minas e Energia, **Boletim Mensal De Energia, Dez/2022.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia/2022-2/portugues>>
Acedido em 2 de Abril de 2023.

Ministério de Minas e Energia, **Balanco Energético Nacional, 2022.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/balanco-energetico-nacional>>
Acedido em 2 de Abril de 2023.

MORENO, E.L.P. **Projeto residencial do estudo de caso:** plantas diversas. Originais em PDF, 2016.

Norma ABNT NBR 15220, 2003. **Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0By2PgJCTfCF7T0pqMkRDeVRfYTQ/view?resourcekey=0-IDvpX5R3J-UcIJy5RQbEsg>>
Acedido em 1 de Março de 2023.

Norma ABNT NBR 50001, 2018. **Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso.** Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/535374266/Norma-ABNT-NBR-50001-2018>>
Acedido em 1 de Março de 2023.

NUNES, Daiane Aguiar et al. **Gestão De Energia E a ISO 50001: Ações Entre Duas Organizações De Setores Diferenciados.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 6, n. 1, p. 0036-0041, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/9517>>
Acedido em 25 de Setembro de 2022.

PROCEL, **Procel Info,** 2023. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp?Team=%7B505FF883%2DA273%2D4C47%2DA14E%2D0055586F97FC%7D>>
Acedido em 3 de Abril de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2023. **Carga térmica de refrigeração anual por zona.** Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html>
Acedido em 01 de Março de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **CSPF.** Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/cspf/>>
Acedido em 27 de Fevereiro de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **EDIFICAÇÕES ETIQUETADAS.** Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas>>
Acedido em 27 de Fevereiro de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2023. **INMETRO - Tabelas de eficiência energética.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>>
Acedido em 03 de Março de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2023. **Natural Comfort.** Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/naturalcomfort>>
Acedido em 01 de Março de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **PORTARIA Nº 309.** Disponível em: <<http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002989.pdf>>
Acedido em 19 de Janeiro de 2023.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **Sobre**. Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/sobre>>
Acedido em 27 de Fevereiro de 2023.

PROMTEC, **Etiqueta de Eficiência Energética**. Disponível em: <<https://www.promtec.com.br/etiqueta-de-eficiencia-energetica/#:~:text=A%20etiqueta%20de%20efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica%20tamb%C3%A9m%20chamada%20de,qual%20%E2%80%9Cposi%C3%A7%C3%A3o%E2%80%9D%20de%20efici%C3%Aancia%20aquele%20eletrodom%C3%A9stico%20se%20encontra>>
Acedido em 3 de Abril de 2023.

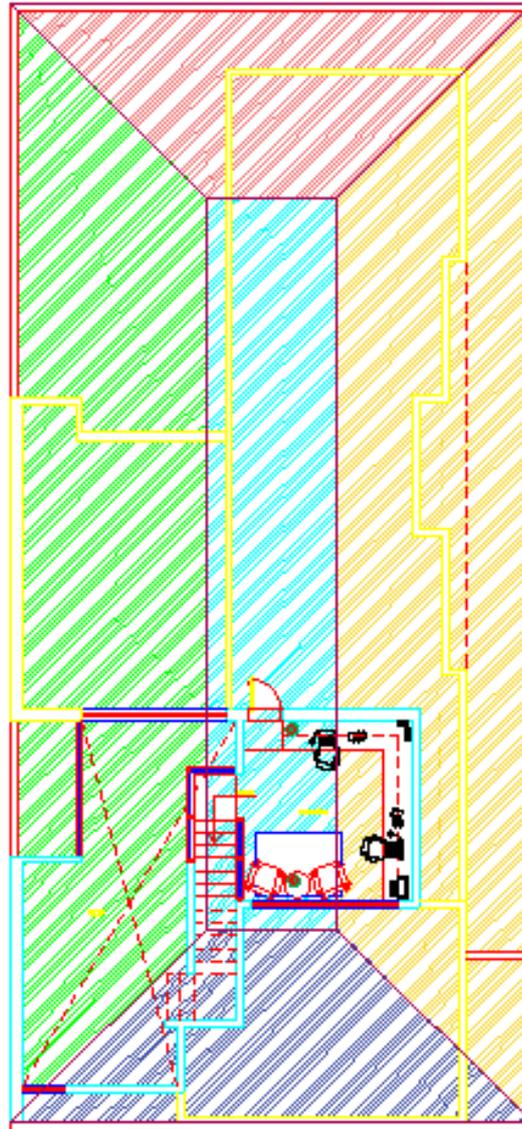
PORTAL ELETROBRAS, **Sobre a Eletrobras**, 2023. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Sobre-a-Eletrobras.aspx>>
Acedido em: 1 de Março de 2023.

SOUZA, Reinaldo Castro. **Previsão horária para o consumo de energia elétrica no Brasil considerando a contribuição da geração distribuída fotovoltaica**. 2022. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Disponível em:
<<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/58573/58573.PDF>>
Acedido em 01 de Novembro de 2022.

STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 2021. 70ª Edição. Disponível em <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>>
Acedido em 29 de setembro de 2022.

TOLEDO, Lucian Machado et al. **ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO MERCADO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA EM PROPRIEDADES RURAIS NO BRASIL**. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2022. p. 1-7. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1104>>
Acedido em 1 de Março de 2023.

ZOMER, C.; RUTHER, Ricardo. **A arquitetura eficiente como um meio de economia energética atuando no gerenciamento pelo lado da demanda**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído-ENTAC, v. 2008, p. 310-320, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Clarissa-Zomer/publication/260980150_A_Arquitetura_Eficiente_como_um_Meio_de_Economia_Energetica_Atutando_no_Gerenciamento_pelo_Lado_da_Demanda/links/53da74640cf2631430c825cb/A-Arquitetura-Eficiente-como-um-Meio-de-Economia-Energetica-Atutando-no-Gerenciamento-pelo-Lado-da-Demanda.pdf>
Acedido em 7 de fevereiro de 2023.

APÊNDICE A – DIVISÃO DAS ZONAS TÉRMICAS

Fonte: Autora (2023)

Legenda:

Hachura		ZONA TÉRMICA 1
Hachura		ZONA TÉRMICA 2
Hachura		ZONA TÉRMICA 3
Hachura		ZONA TÉRMICA 4
Hachura		ZONA TÉRMICA 5

APÊNDICE B – DADOS INICIAIS NO METAMODELO PARA OBTENÇÃO DA CARGA TÉRMICA TOTAL ANUAL DA ENVOLTÓRIA NA CONDIÇÃO REAL

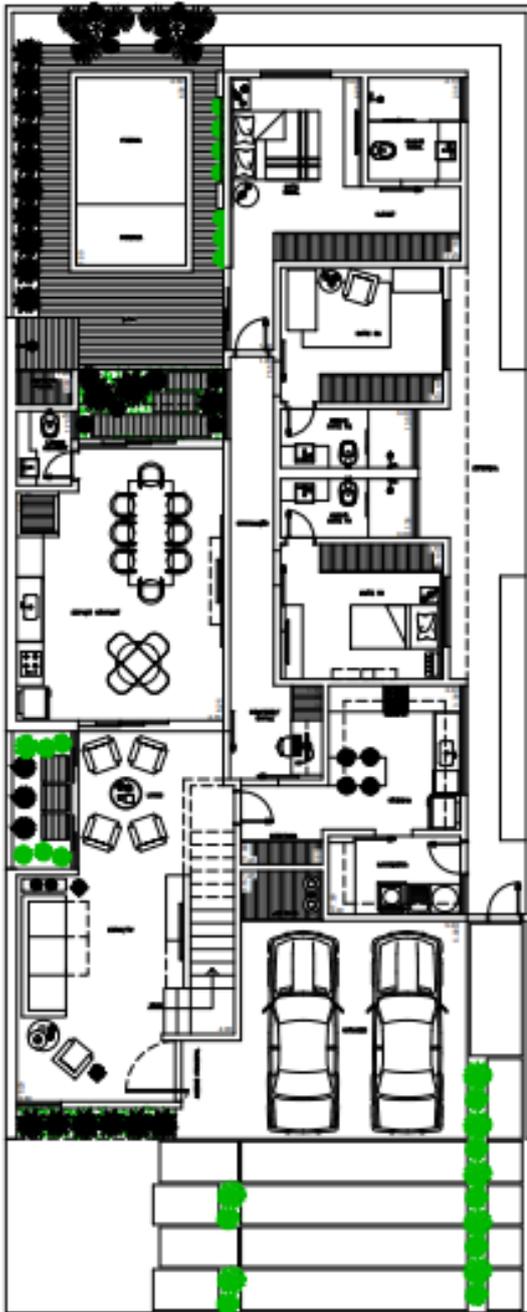
	Zona 1		Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
		Copiar?				
Área m^2	33,75	<input type="checkbox"/>	116,48	33,75	116,48	50,61
Contato com o solo?	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	Sim	Sim	Sim
Zona sobre pilotis?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não	Não	Não
Possui cobertura exposta?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não	Não	Não
Possui isolamento do piso?	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Não	Não	Não
Tipo de zona?	Perimet	<input type="checkbox"/>	Perimet	Perimet	Perimet	Interna
Orientação solar	N	<input type="checkbox"/>	NE	NO	S	
Densidade de potência de equipamentos (W/m^2)	20,00	<input checked="" type="checkbox"/>	20,00	20,00	20,00	20,00
Densidade de potência de iluminação (W/m^2)	4,00	<input checked="" type="checkbox"/>	4,00	4,00	4,00	4,00
Fator Solar do vidro	0,75	<input checked="" type="checkbox"/>	0,75	0,75	0,75	
Transmitância térmica do vidro (W/m^2K)	5,70	<input checked="" type="checkbox"/>	5,70	5,70	5,70	
Absortância solar de cobertura		<input type="checkbox"/>				
Absortância solar da parede	0,20	<input checked="" type="checkbox"/>	0,20	0,20	0,20	
Pé-direito (m)	3,00	<input checked="" type="checkbox"/>	3,00	3,00	3,00	3,00
Percentual de abertura da fachada	0,25	<input checked="" type="checkbox"/>	0,25	0,25	0,25	
Ângulo horizontal de sombreamento $(^\circ)$	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	
Ângulo vertical de sombreamento $(^\circ)$	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	
Ângulo de obstrução vizinha $(^\circ)$	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	
Horas de ocupação (h)	24,00	<input checked="" type="checkbox"/>	24,00	24,00	24,00	24,00
Transmitância térmica da cobertura (W/m^2K)		<input type="checkbox"/>				
Transmitância térmica da parede (W/m^2K)	3,70	<input checked="" type="checkbox"/>	3,70	3,70	3,70	
Capacidade Térmica da cobertura (kJ/m^2K)		<input type="checkbox"/>				
Capacidade Térmica da parede (kJ/m^2K)	149,00	<input checked="" type="checkbox"/>	149,00	149,00	149,00	
 Resultado de avaliação da envoltória (método simplificado)	Valor:		Valor:	Valor:	Valor:	Valor:
Densidade de carga térmica (real, por zona): $(kW/m^2 \cdot ano)$	186.04		185.00	184.22	167.21	140.13
CgTRreal (por zona): $(kW/m^2 \cdot ano)$	6278.89		21549.01	6217.49	19476.84	7091.73
Classificação de envoltória	Acesse Configurações para ativar o Windows.					

Fonte: PBE (2023)

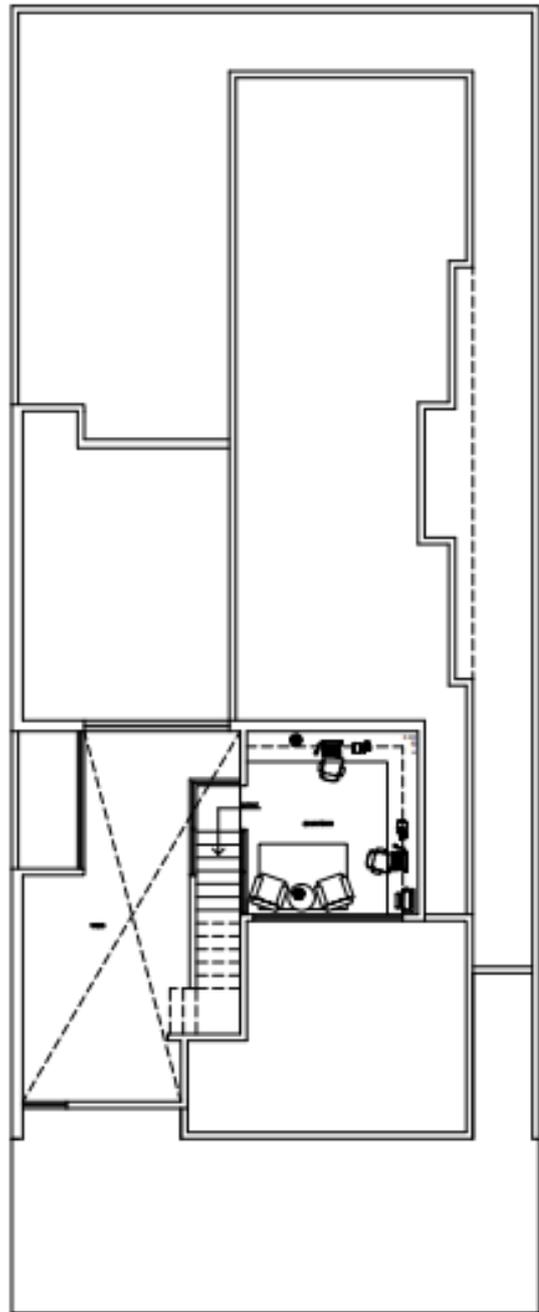
APÊNDICE C – DADOS DE ENTRADA NA INTERFACE PARA OBTENÇÃO DA FRAÇÃO DE HORAS DE DESCONFORTO POR CALOR EM RELAÇÃO ÀS HORAS DE OCUPAÇÃO.

LOCALIZAÇÃO		TIPOLOGIA	
<input type="text" value="Dourados - MS"/>		<input type="text" value="Escritório"/>	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Comprimento total [!]	Profundidade total [!]	Pé-direito [!]	Número de pavimentos [!]
<input type="text" value="26.0 m"/>	<input type="text" value="12.0 m"/>	<input type="text" value="6.3 m"/>	<input type="text" value="2 andares"/>
Área das salas ocupadas [!]	Fator da área da escada [!]	PAFt [!]	Ângulo vertical de sombreamento (AVS) [!]
<input type="text" value="64.8 m²"/>	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0°"/>
PROPRIEDADES TÉRMICAS			
Absortância solar da parede [!]	Transmitância térmica da parede [!]	Capacidade térmica da parede [!]	Absortância solar da cobertura [!]
<input type="text" value="0.20"/>	<input type="text" value="3.70 W/m².K"/>	<input type="text" value="149 kJ/m².K"/>	<input type="text" value="0.20"/>
Transmitância térmica da cobertura [!]	Capacidade térmica da cobertura [!]	Fator solar do vidro [!]	Transmitância térmica do vidro [!]
<input type="text" value="4.76 W/m².K"/>	<input type="text" value="134 kJ/m².K"/>	<input type="text" value="0.75"/>	<input type="text" value="5.70 W/m².K"/>
VENTILAÇÃO			
Fator de correção do vento [!]	Obstáculos do entorno [!]		
<input type="text" value="Centros urbanos"/>	<input type="text" value="Sem proteção local ou obstruções"/>		
Forma das janelas para ventilação [!]	Tipo de janela para ventilação [!]	Ventilador [!]	
<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="Janela de correr"/>	<input type="text" value="Sem ventilador"/>	
CALCULAR		NATURAL COMFORT	

Fonte: *Natural Comfort* (2023).

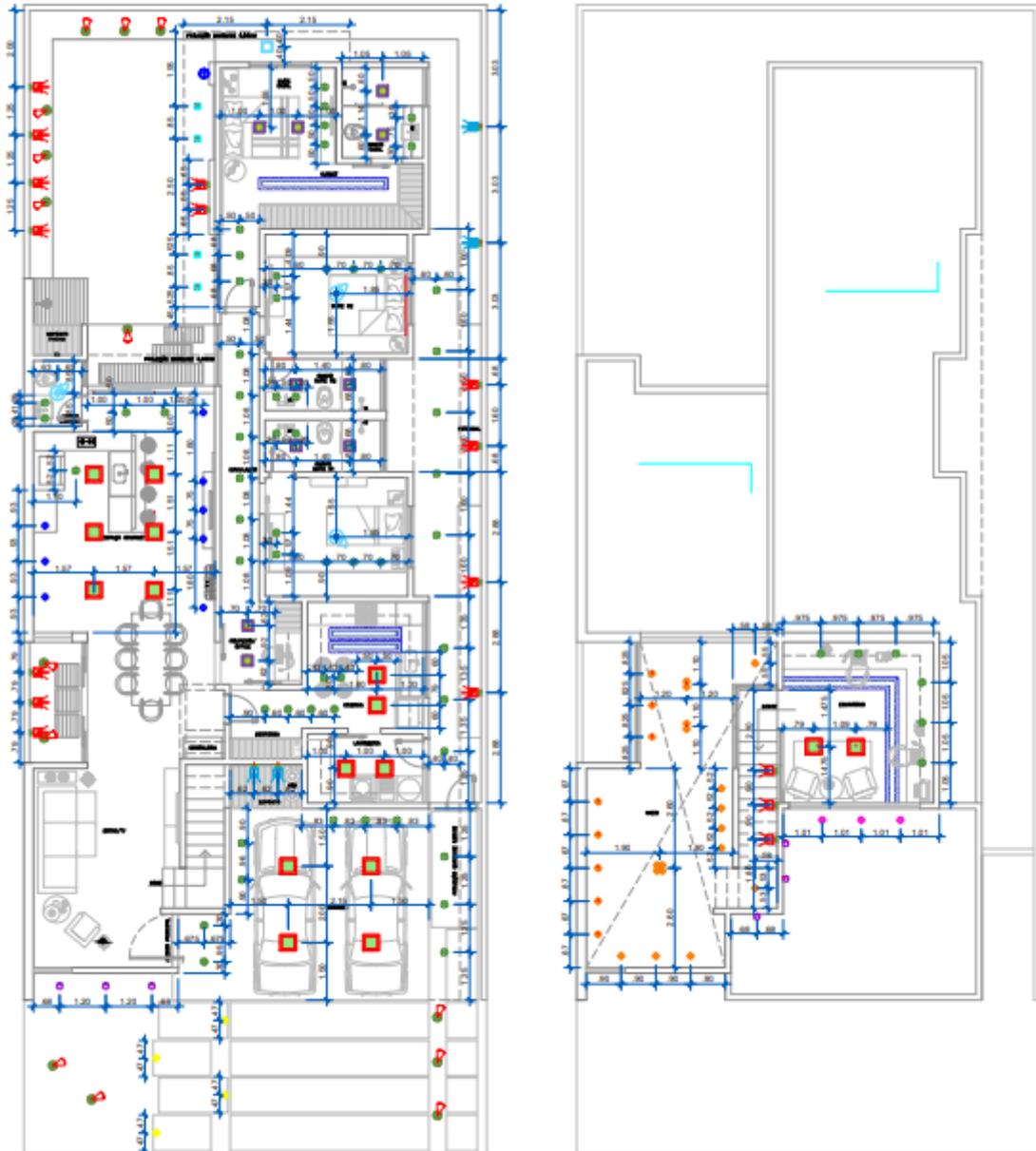
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO DA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO***PLANTA BAIXA (Layout)***

ESCALA: 1/100

***PLANTA BAIXA MEZANINO (Layout)***

ESCALA: 1/100

Fonte: Moreno (2016)

ANEXO B – PROJETO LUMINOTÉCNICO DA EDIFICAÇÃO DE ESTUDO

Fonte: Moreno (2016)

ANEXO C – LIMITE MÁXIMO ACEITÁVEL DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO (DPI_L) PARA A CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA PRETENDIDA – MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO

Ambientes/Atividades	DPI_L Classif. A (W/m²)	DPI_L Classif. D (W/m²)
Armazém, atacado		
Material pequeno/leve	7,45	16,32
Material médio/volumoso	3,80	8,00
Átριο - por metro de altura		
até 12,20 m de altura	0,10 W/m	0,48 W/m
acima de 12,20 m de altura (4,30 W/m ² somado à parcela ao lado)	0,07 W/m	0,32 W/m
Auditórios e Anfiteatros		
Auditório	11,50	13,60
Centro de convenções	11,50	14,08
Cinema	12,25	14,97
Penitenciária	11,50	13,59
Teatro	21,85	41,92
Banco/escritório - área de atividades bancárias	10,00	23,84
Banheiros	9,15	13,73
Biblioteca		
Área de arquivamento	6,00	12,48
Área de leitura	8,85	16,00
Área de estantes	12,90	29,44
Casa de máquinas	4,65	9,60
Centro de convenções		
Espaço de exposições	9,50	24,96
Circulação	7,10	11,36
Área de vendas	13,15	28,96
Provador	5,40	16,32
Cozinhas	11,40	17,12
Depósitos	4,95	8,00
Dormitórios – alojamentos	6,65	10,47
Escadas	6,25	11,84
Escritório	10,00	19,04
Escritório – planta livre	8,70	16,80
Garagem	1,50	3,20
Ginásio/ Academia		
Área de ginástica	8,85	12,48
Arquibancada	7,00	13,00
Esportes de ringue	26,40	46,08
Quadra de esportes – classe 4 ^[1]	12,15	18,85
Quadra de esportes – classe 3 ^[2]	18,30	28,37
Quadra de esportes – classe 2 ^[3]	21,10	33,12
Quadra de esportes – classe 1 ^[4]	26,60	51,84
Hall de entrada - vestíbulo		
Elevador	7,45	8,32
Cinemas	4,85	12,80
Hotel	11,40	12,80
Salas de espetáculos	18,30	20,50
Outros	10,80	12,07
Hospital		
Circulação	9,90	15,36
Emergência	18,10	38,88
Enfermaria	10,75	15,20
Exames simples	14,45	22,85
Exames/tratamento	18,10	28,64

Farmácia	14,40	19,68
Fisioterapia	9,05	15,68
Sala de espera, estar	8,40	18,40
Recuperação	11,10	19,84
Sala de enfermeiros	9,40	15,04
Sala de operação	23,35	32,48
Quarto de pacientes	6,65	10,72
Suprimentos médicos	5,80	21,92
Igreja/ Templo		
Assentos	16,50	26,40
Altar, coro	16,50	26,40
Sala de comunhão – nave	5,90	11,04
Laboratórios		
para salas de aula	12,90	16,32
médicos e pesquisa	15,60	31,20
Lavanderia	4,65	10,40
Museus		
Restauração	9,15	17,60
Sala de exibição	11,50	18,08
Oficina mecânica	7,05	9,60
Oficina – seminário, cursos	12,25	27,36
Quartos de hotel	8,30	13,00
Refeitório	6,80	18,40
Salão	7,65	15,36
Lanchonete/café	6,80	11,20
Bar/lazer	10,00	14,08
Refeitório de penitenciária	10,35	20,66
Sala de Aula, treinamento	9,90	16,32
Sala de espera, convivência	7,55	9,60
Sala de reuniões, conferência, multiuso	11,50	19,04
Vestiário	5,15	12,96
Transportes		
Área de bagagem	4,85	12,00
Aeroporto – Pátio	3,35	6,24
Assentos – Espera	6,65	9,28
Terminal – bilheteria	10,00	18,56
Necessidades visuais especiais ^[5]		
Área de refeição	21,55	43,06
Área de uso comum	19,35	31,96
Corredor	9,90	16,04
Hall de entrada	21,85	24,47
Banheiro	10,35	15,50

^[1] Para quadras de jogos sociais e de recreação apenas, não considera a presença de espectadores.

^[2] Para estádios e ginásios de jogos classificatórios, considerando a presença de espectadores.

^[3] Para competições em estádios e ginásios com capacidade para menos de 5.000 espectadores.

^[4] Para competições em estádios e ginásios de grande capacidade, acima de 5.000 espectadores. Quadras de jogos sociais e de recreação apenas, não considera a presença de espectadores.

^[5] Documentação que comprove a existência de necessidade visual para permitir sua aplicação.

Fonte: INI-R, 2022.