

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NAIRA DAIANA GODOY DA LUZ

**ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE
UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE TOLEDO/PR**

TOLEDO

2021

NAIRA DAIANA GODOY DA LUZ

**ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE
UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE TOLEDO/PR**

**Building labeling: analysis of the energy efficiency of a family residence in
Toledo/PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber.

TOLEDO

2021



Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho licenciado para fins não comerciais, desde que atribuam ao autor o devido crédito. Os usuários não têm que licenciar os trabalhos derivados sob os mesmos termos estabelecidos pelo autor do trabalho original.

NAIRA DAIANA GODOY DA LUZ

**ETIQUETAGEM EME DIFICAÇÕES: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE
UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE TOLEDO/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 29 de novembro de 2021.

Fúlvio Natércio Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR

Silmara Dias Feiber
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR

Christian Valcir Kniphoff de Oliveira
Mestrado
União Educacional de Cascavel-UNIVEL

TOLEDO

2021

AGRADECIMENTOS

Nesse importante momento da minha vida, eu não poderia deixar de agradecer aquelas pessoas que estiveram ao meu lado, entendendo a minha ausência, e que de certa forma contribuíram para que eu conseguisse realizar essa pesquisa.

Agradeço a Deus por tudo que tenho em minha vida, principalmente, minha saúde, momentos e oportunidades.

Aos meus pais, Regiane e Edson, por me proporcionarem condições para estudar e por todo o carinho e apoio prestado.

Aos meus irmãos, Maiara e Luiz, por todo o carinho, compreensão, companheirismo e incentivo.

Ao meu namorado Janderson e sua família, pelo incentivo e por sempre estarem ao meu lado.

A todos os meus amigos pelos momentos de descontração, e por serem compreensivos e torcerem por mim.

Agradeço aos meus amigos do “Pode grupo de 6” pelo companheirismo, compreensão, e por todos os momentos e aprendizados vividos juntos na faculdade.

A arquiteta Jakeline pela oportunidade de estágio e, por todo o carinho e conhecimento prático que adquiri nesse período.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber, pela disponibilidade em me auxiliar, e pela sabedoria, compreensão, e por todas as contribuições prestadas ao meu trabalho.

A UTFPR, em especial, aos meus professores, por todo o conhecimento e sabedoria que foram necessários para eu conseguir chegar até aqui, e me fizeram crescer pessoalmente e profissionalmente.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram com a minha caminhada até aqui.

RESUMO

No atual cenário mundial em que há grande demanda de operação por meio do uso de energia, a busca por medidas de eficiência energética vem ganhando cada vez mais relevância. No contexto da construção civil, conceitos de edificações eficientes vem ganhando maior credibilidade, principalmente pelo fato delas consumirem grande quantidade de energia. Estima-se que no Brasil, 51% da eletricidade é demandada pelas construções. Além disso, sua indústria provoca impactos em toda cadeia produtiva, desde a extração de seus insumos, até nas relações sociais que determinam a ocupação do espaço, estudos imobiliários e a deposição dos seus resíduos. Diante disso, em 1984 e 1985 surgiram os primeiros programas brasileiros voltados à eficiência energética, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Nos quais, foram estabelecidos com a finalidade de promover o uso eficiente de energia em várias vertentes da economia, dentre estas, as edificações. Sob esse contexto, a presente pesquisa possui o intuito de avaliar o nível de eficiência energética de uma edificação unifamiliar já existente na cidade de Toledo/PR, seguindo os parâmetros determinados pelo PBE Edifica. Utilizou-se para a verificação, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), no qual qualifica o desempenho termo energético de três sistemas da edificação: a envoltória, o aquecimento de água e as bonificações. Após a avaliação do atual estado da residência objeto de estudo, observou-se que ela apresenta nível D de eficiência, que é um dos piores e mais baixos conforme o RTQ-R. Visando melhorar esse índice, em seguida sugeriu-se melhorias, fáceis de serem implementadas, e reavaliou-se a edificação. Encontrou-se para a residência nível B de eficiência energética. Portanto, se uma eventual reforma for realizada, levando em consideração as propostas de melhorias sugeridas, a eficiência energética da edificação pode melhorar. Por consequência, reduz-se o gasto de energia elétrica e melhora-se a qualidade do ambiente construído.

Palavras-chave: eficiência energética; etiquetagem de edifícios; residência unifamiliar; RTQ-R.

ABSTRACT

In the current world scenario in which there is a great demand for operation through the use of energy, the search for energy efficiency measures has been gaining more and more relevance. In the context of civil construction, concepts of efficient buildings are gaining greater credibility, mainly because they consume a large amount of energy. It is estimated that in Brazil, 51% of electricity is required by buildings. In addition, its industry impacts the entire production chain, from the extraction of its inputs, to the social relations that determine the occupation of space, real estate studies and the disposal of its residues. As a result, in 1984 and 1985 the first Brazilian programs aimed at energy efficiency emerged, the Brazilian Labeling Program (PBE) and the National Electric Energy Conservation Program (PROCEL). In which, they were established in order to promote the efficient use of energy in various aspects of the economy, including buildings. In this context, this research aims to assess the level of energy efficiency of an existing single-family building in the city of Toledo/PR, following the parameters determined by PBE Edifica. The Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Residential Buildings (RTQ-R) was used for verification, which qualifies the thermo-energy performance of three building systems: the envelope, water heating and bonuses. After evaluating the current state of the residence under study, it was observed that it presents level D of efficiency, which is one of the worst and lowest according to the RTQ-R. In order to improve this index, improvements were then suggested, easy to be implemented, and the building was re-evaluated. Found for energy efficiency level B residence. Therefore, if an eventual renovation is carried out, taking into account the suggested improvement proposals, the energy efficiency of the building can improve. Consequently, the use of electrical energy is reduced and the quality of the built environment improves.

Keywords: energy efficiency; labeling of buildings; single-family residence; RTQ-R.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Demanda de eletricidade das edificações	16
Figura 02 – Zonas bioclimáticas brasileiras	18
Figura 03 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)	23
Figura 04 – Fluxograma do processo de obtenção da ENCE	25
Figura 05 – Sistema de Compensação de Energia	26
Figura 06 – Expansão da oferta de geração de energia elétrica em 2020, em GW	27
Figura 07 – Planta baixa do objeto de estudo	29
Figura 08 – Representação simplificada da metodologia da pesquisa	33
Figura 09 – Orientação do objeto de estudo	34
Figura 10 – Localização do objeto de estudo	35
Figura 11 – Ambientes de Permanência Prolongada (APPs)	37
Figura 12 – Resultados da envoltória para os Ambientes de Permanência Prolongada (APPs)	39
Figura 13 – Etiqueta do ar condicionado da residência	43
Figura 14 – Pontuação parcial dos sistemas	44
Figura 15 – Classificação final da UH	44
Figura 16 – Pontuação parcial por sistemas após melhorias	49
Figura 17 – Comparativo da classificação final da UH	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Coeficientes da Equação 1	30
Tabela 02 – Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida	32
Tabela 03 – Pré-requisitos para edificações situadas na Zona Bioclimática 3	37
Tabela 04 – Propriedades construtivas dos materiais da envoltória	38
Tabela 05 – Novas aberturas para a suíte e o dormitório 1	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações
EE	Eficiência Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações
PIB	Produto Interno Bruto
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Procel Edifica	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
UH	Unidade Habitacional Autônoma
ZB	Zonas Bioclimáticas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Eficiência Energética e seus Impactos Associados à Construção Civil	15
2.2	Políticas e Programas de Eficiência Energética Relacionados às Edificações	18
2.3	Etiquetagem em Edificações Brasileiras	21
2.4	Procedimento para Obtenção da ENCE para Edificações	24
2.5	Geração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Análise de Eficiência Energética de Edificações pelo PBE-Edifica	28
3.1.1	Caracterização do Objeto de Estudo	29
3.1.2	Coleta e Análise de Dados	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Localização e Orientação do Objeto de Estudo	34
4.2	Análise da Edificação Seguindo o PBE Edifica	36
4.2.1	Envoltória	36
4.2.2	Sistema de Aquecimento de Água	41
4.2.3	Bonificações	42
4.2.4	Classificação Final da UH	44
4.3	Propostas de Melhorias	45
4.3.1	Envoltória	45
4.3.2	Sistema de Aquecimento de Água	47
4.3.3	Bonificações	48
4.3.4	Classificação Final da UH Após Melhorias	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE A – CÁLCULOS COMPLEMENTARES PARA A AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	54
ANEXO A - PLANILHA DE ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES	55
ANEXO B - PLANILHA DE ANÁLISE DOS PESOS DAS VARIÁVEIS SOBRE A PONTUAÇÃO FINAL DA ENVOLTÓRIA	56
ANEXO C - PLANILHA DE ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA	57
ANEXO D - PLANILHA DE ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES	58
ANEXO E - PLANILHA DE ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA	59
ANEXO F - PLANILHA DE ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO	60
ANEXO G - ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES	61
ANEXO H - ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA	62
ANEXO I - ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES	63
ANEXO J - ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA	64
ANEXO K - ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO	65
ANEXO L - ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES APÓS MELHORIAS	66
ANEXO M - ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA APÓS MELHORIAS.....	67
ANEXO N - ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES APÓS MELHORIAS	68
ANEXO O - ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA APÓS MELHORIAS	69
ANEXO P - ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO APÓS MELHORIAS	70
ANEXO Q – PROJETO ARQUITETÔNICO EXECUTIVO	71

1 INTRODUÇÃO

Frente ao atual cenário hídrico e energético brasileiro, com a baixa de chuvas, e conseqüentemente dos reservatórios, debates a respeito da segurança energética e produção de energia vêm ganhando maior importância (MEDEIROS *et al.*,2021). Conforme Brasil (2020), o custo da tarifa de energia vem crescendo, entre 2013 e 2018 o seu valor aumentou cerca de 78%, passando de 284,67 R\$/MWh para 508,89 R\$/MWh, e tendência é piorar caso medidas excepcionais não sejam adotadas.

Há, basicamente, duas maneiras para se gerar mais energia, a saber: aumentando a sua produção ou racionando-a. Para aumentar a sua produção é necessário investir em melhorias dos sistemas de produção e transmissão já existentes, ou em novos modelos. O que resultaria em mais gastos, muito mais tempo, e poderia não ser eficaz quanto a redução do consumo de energia a curto prazo. E para racioná-la é necessário adotar medidas voltadas a eficiência energética, o que possuem um custo menor e é mais eficaz quanto à conservação de energia.

Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (2019), no período de 2005 a 2018, o consumo energético em edificações brasileiras cresceu cerca de 2% ao ano, sendo a eletricidade a sua principal fonte de energia, correspondendo a um gasto de 51% da eletricidade do país. Dessa forma, acredita-se que ao se aderir medidas de eficiência energética nesse setor, efeitos positivos são obtidos na problemática energética nacional.

Há mais de duas décadas o Brasil dispõe de programas de eficiência energética reconhecidos internacionalmente, tais como: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), dentre outros. Dos quais surgiram visando a preservação dos recursos naturais, a conservação da energia e a redução das emissões de gases do efeito estufa. No entanto, de acordo com Nascimento (2015), ainda precisa ser feita uma maior comunicação entre eles, com o intuito de aumentar suas aplicações.

Uma importante iniciativa governamental para incentivar a eficiência energética, foi a criação da Lei nº 10.295/2001, também conhecida como Lei de Eficiência Energética. Através dela, instituiu-se a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Ela foi notável porque, estabeleceu índices máximos e mínimos para máquinas e equipamentos consumidores de energia elétrica, além de ter iniciado a promoção da eficiência energética nos edifícios.

No entanto, somente em 2009, desenvolveu-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica) visando promover a eficiência energética nas edificações do país. Ele foi um instrumento criado em uma parceria da Eletrobrás, Procel e Inmetro, e classifica as construções de acordo com seu nível de eficiência. A sua normatização se dá por duas regulamentações específicas que são divididas para edifícios residenciais (RTQ-R) e edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C).

O sítio eletrônico da Procelinfo alega que, quando adotados os padrões de eficiência energética do PBE Edifica em edificações novas (desde a etapa do projeto), há uma redução de até 50% da energia consumida. Em edificações que passam por grandes *retrofit*, esse percentual atinge os 30%. Por essa razão, incentiva-se o uso eficiente dos recursos naturais, tais como a iluminação, ventilação, etc., com intuito de reduzir os gastos e desperdícios de energia e, os impactos ao meio ambiente.

Diante disso, a proposta desta pesquisa é realizar um estudo para avaliar as condições atuais de eficiência energética de uma residência unifamiliar já existente no município de Toledo/PR seguindo os parâmetros estabelecidos pelo PBE Edifica.

1.1 Justificativa

No atual cenário mundial em que há grande demanda de operação por meio do uso de energia, a busca por medidas de eficiência energética vem ganhando cada vez mais relevância. Esta inquietação deve-se, em especial, à sua geração, que depende muito da exploração de recursos naturais, causando impactos ambientais e escassez de recursos. Por isso, cada vez mais na construção civil, conceitos de edificações eficientes vem ganhando maior credibilidade. (CREA-MG, 2009).

Para a energia ser utilizada, ela deve passar por vários processos de transformação, dos quais se há um grande desperdício. Conforme a ABESCO (2017), somente nos anos de 2015 a 2017, o Brasil deixou de economizar um total de 143.647 GWh. Isso corresponde a 1,4 vezes da produção da Usina de Itaipu no ano de 2016, tornando esse dado assustador.

Conforme apresentado na introdução, considerando que as edificações gastam 51% da eletricidade do país, espera-se que seu potencial de economia também seja significativo. Por isso, ao adotar os requisitos dos programas brasileiros de eficiência nos edifícios, estimula-se o uso eficiente dos recursos naturais (como

iluminação e ventilação) e a conservação de energia. Por consequência, reduz-se os gastos com eletricidade, o impacto no meio ambiente e nas mudanças climáticas, promove-se o uso de tecnologias eficientes, melhora-se o conforto ambiental das suas instalações, a saúde e bem estar dos seus usuários, e dissemina-se boas práticas.

Conforme Procel (2019), do ano de sua implementação até 2019, foram emitidas 224 etiquetas para os edifícios comerciais, públicos e de serviços, das quais, apenas 93 delas são de construções já finalizadas. Também, estima-se que 18,93 GWh de energia já foi economizada nesse período, pelas edificações que seguem os requisitos desses programas. Portanto, nota-se que, a economia de eletricidade para edifícios concluídos e etiquetados é significativa, embora ainda tenha a contribuição das edificações residenciais nessa quantia.

Desta forma, essa pesquisa visa classificar o nível de eficiência energética da edificação residencial modelo, com o intuito de mensurar a necessidade de readequação de seu projeto, de modo que ele atinja a máxima classificação pelo PBE Edifica em um futuro *retrofit*, e assim, alcance a redução dos gastos energéticos e melhore a utilização e bem estar dos seus usuários.

1.2 Objetivos

A pesquisa tem como objetivo realizar o processo de etiquetagem das dependências de uma edificação, de modo a verificar o seu estado atual de eficiência energética, e sua conexão com a problemática do gasto energético.

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o nível de eficiência energética de uma edificação seguindo os parâmetros do PBE Edifica.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho, que servirão de base para o alcance do objetivo geral, são:

- Apresentar os impactos energéticos associados à construção civil;
- Contextualizar a origem dos programas de eficiência energética;
- Apresentar as políticas públicas voltadas à eficiência energética em edifícios;
- Contextualizar o Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações - PBE Edifica;
- Avaliar uma edificação seguindo os critérios estabelecidos pelo PBE Edifica;
- Apresentar propostas de melhorias de eficiência energética para a edificação, caso haja necessidade;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo é dedicado à fundamentação teórica que serve de base para a compreensão do tema abordado. Foi organizado de modo a iniciar com uma contextualização sobre a eficiência energética e seus impactos associados à construção civil, partindo para a análise de uma edificação por meio da etiquetagem.

2.1 Eficiência Energética e seus Impactos Associados à Construção Civil

O baixo desempenho ambiental e a colaboração na emissão de gases das cidades contemporâneas, apontam necessidades de buscar novos padrões de desenvolvimento urbano. (CREA-MG, 2009). Um deles, é o uso racional de energia, que impacta na prosperidade de atividades industriais, comerciais e residenciais, assim como, na preservação do meio ambiente. Nesse sentido, práticas de eficiência energética vêm sendo empregadas visando implantar novos produtos, equipamentos e tecnologias de baixo consumo, que colaboram para a redução da energia. (GOMES, 2017).

De acordo com Crispim (2016), entende-se como eficiência energética o conjunto de procedimentos de racionalização que resultam na economia de energia, sem causar a perda da qualidade e quantidade de bens e serviços, ou do aconchego atribuído aos sistemas energéticos. Assim, algo é considerado energeticamente eficiente se: proporciona os mesmos serviços utilizando uma menor quantidade de energia ou, se oferta mais serviços para a mesma demanda.

Para Gomes (2017), a eficiência energética “está vinculada à produtividade, à proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável”. Suas atuações propiciam vantagens tanto para o usuário, como para a sociedade em geral, uma vez que auxilia no aumento da oferta energética, na redução de gases do efeito estufa e na conservação do ambiente.

No âmbito da construção civil, as edificações são responsáveis por uma grande parcela das agressões ao meio ambiente, tendo em vista que elas são uma das maiores geradoras de gases de efeito estufa e de resíduos sólidos, além de uma das maiores consumidoras de recursos naturais e energia elétrica. Estima-se que a

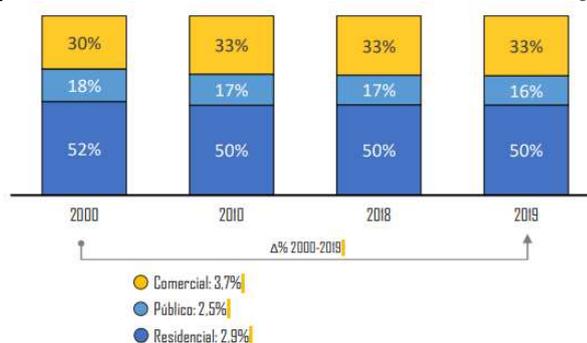
demanda por operação dos edifícios é de cerca de 40% da energia produzida no planeta. Cerca de 35% a 40% dos resíduos gerados no planeta são oriundos das edificações. Além disso, apenas a produção de cimento corresponde a 9% de toda a emissão de CO2 global. (CREA-MG, 2009).

Dessa forma, é visto que sua indústria provoca impactos em toda cadeia produtiva, desde a extração de seus insumos, até nas relações sociais que determinam a ocupação do espaço, estudos imobiliários e a deposição dos seus resíduos. Dessa forma, esse setor é considerado um potencial causador do aquecimento global. (CREA-MG, 2009; FERRADOR FILHO, 2017).

A construção civil possui um importante papel econômico em escala mundial. Ela é uma das maiores contribuintes do PIB de vários países, principalmente os emergentes, além de grande geradora de empregos, e responsável por configurar os espaços de vivência da população. No Brasil, para o ano de 2020, a participação da construção no PIB nacional foi de 3,4%. Sendo assim, esse setor é visto como ponto estratégico para as intervenções em busca da sustentabilidade. (CBIC, 2021; PRADO, 2018).

De acordo com EPE (2020) as edificações brasileiras são o maior potencial de eficiência energética, porque elas possuem a eletricidade como sua principal fonte de energia. Além do mais, elas consomem 52% da eletricidade de todo país. A Figura 01, apresenta a porcentagem de eletricidade demandada pelas edificações brasileiras nas últimas décadas, separadas conforme a sua ocupação.

Figura 01 – Demanda de eletricidade das edificações.



Fonte: EPE (2020).

Através da Figura 01, o que se pode observar é que a eletricidade é a fonte de energia mais utilizada nas residências nacionais, seguida pelas edificações comerciais e públicas, respectivamente. Além do mais, nas últimas décadas

ocorreram reduções percentuais da demanda de eletricidade das edificações residenciais e públicas, em especial, entre os anos 2000 e 2010.

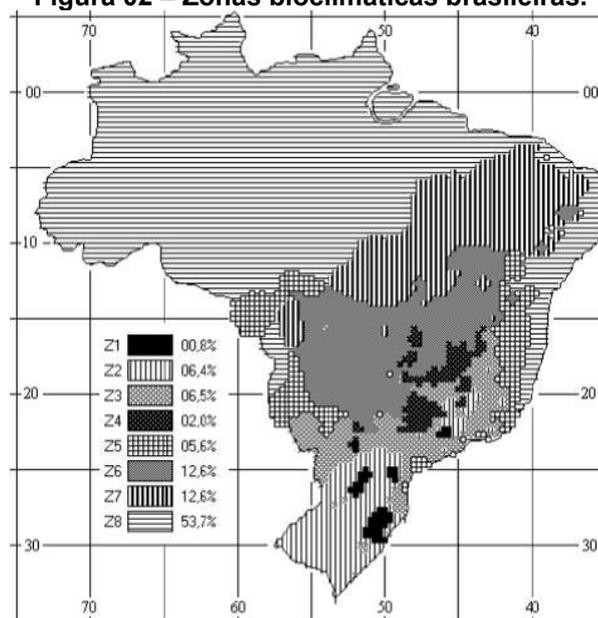
Para alcançar um bom desempenho energético nas edificações, é importante considerar alguns aspectos técnicos, tanto na parte de projeto como em sua vida útil. Pois, pontos como a forma, aberturas, sombreamentos, iluminação, materiais utilizados, a localização geográfica e o funcionamento de equipamentos elétricos, influenciam no conforto térmico e acústico dos seus ambientes, no consumo de energia e água, e no bem estar de seus usuários. (CREA-MG, 2009).

De acordo com Borges (2020), em cidades cuja população é superior a 100 mil habitantes, e em regiões muito urbanizadas, ocorre o fenômeno denominado “ilha de calor”. O qual eleva a temperatura no ambiente externo dos imóveis de tal forma que, resulta em uma sobrecarga dos sistemas de condicionamento de ar. Estima-se que, a cada 1°C de aumento de temperatura, há o aumento aproximado de 3% a 4% no consumo de energia.

Nesse contexto, desenvolveu-se o conceito de arquitetura bioclimática. Na qual, profissionais da área passaram a adotar estratégias para integrar o meio ambiente aos seus projetos arquitetônicos. A exemplo disso, pode-se citar o aproveitamento da ventilação e da iluminação natural, da radiação solar por meio de painéis e aquecedores solares, a reutilização da água das chuvas, dentre outros.

Diante disso, devido ao extenso território brasileiro que ostenta uma grande variedade climática, as edificações precisam estar adaptadas a características específicas, conforme o local onde estão inseridas, para apresentarem um melhor desempenho termo energético. É nesse sentido que, em 2005, entrou em vigor a ABNT NBR 15220 que trata do desempenho térmico de edificações. Dentre suas contribuições, ela apresentou as oito zonas bioclimáticas (Figura 02) brasileiras, que devem ser consideradas em projetos de edificações.

Outra importante norma para ser considerada ao planejar uma construção, é a ABNT NBR 15575:2013, que trata do desempenho das edificações como um todo. Ela apresenta critérios mínimos de durabilidade, qualidade, segurança e desempenho para edificações. Em março de 2021, ela foi atualizada com três emendas, em suas partes 1, 4 e 5, das quais alteraram algumas limitações referentes à questão térmica.

Figura 02 – Zonas bioclimáticas brasileiras.

Fonte: ABNT (2005).

A adoção de estratégias energéticas para novas e velhas construções, é uma ação estratégica primária e essencial para estabilizar ou reduzir as emissões e gastos no setor da construção civil. Eles estão entre as políticas mais eficazes, sobretudo, se estendê-los a mais tipos de edifícios, ou adota-los em outras jurisdições (CBIC, 2017). Além do mais, gerenciar o consumo energético e de água no contexto urbano é considerado uma das ações mais eficazes para alcançar um desenvolvimento sustentável. (FERRADOR FILHO, 2017).

2.2 Políticas e Programas de Eficiência Energética Relacionados às Edificações

Preocupações com o desenvolvimento sustentável começaram a ser levantadas após discussões sobre crescimento econômico e meio ambiente, a partir da década de 1970. Que foi quando ocorreu a primeira crise petrolífera, na qual elevou o preço do barril de US\$2,99 para US\$13,43, provocando complicações à econômica global e ocasionando a percepção da escassez desse recurso energético. Diante disso, passou-se a incentivar ações voltadas à diversificação da matriz energética e a maior eficácia na utilização de combustíveis fósseis. (GOMES, 2017; VIANNA, 2014).

Nesse contexto, vários países desenvolveram políticas voltadas a eficiência energética, que foram implementadas visando modificar ou aprimorar as tecnologias existentes, para atender a mesma demanda energética com um menor gasto e desperdício de energia. (NASCIMENTO, 2015).

Diversos estudos mencionam os benefícios provocados pela implementação de políticas de eficiência energética. Dentre eles pode-se citar: a melhoria de saúde e bem estar individual, a universalização ao acesso a eletricidade, a melhoria da infraestrutura de produção e distribuição de energia, a redução dos custos operacionais, dentre outros. (VIANNA, 2014).

Borges (2020) aponta que a implementação de medidas de eficiência energética reduziu a taxa de demanda mundial por energia de 2,7% para 1,4% de 2010 a 2018. No caso dos combustíveis fósseis, houve uma redução em torno de 20% de suas importações no período de 2000 a 2018. Esses índices contribuem para uma maior participação das fontes renováveis na produção de energia, e para uma maior segurança energética.

No Brasil, a primeira iniciativa voltada a questão do desenvolvimento sustentável aconteceu no ano de 1975. Com um seminário que tratou sobre conservação de energia, e com a alocação de recursos que eram destinados à estudos sobre esse tema, para estudos que buscavam maior eficiência energética. Além disso, nesse mesmo ano foi criado o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) visando a substituição dos derivados de petróleo pelo álcool. (NASCIMENTO, 2015).

No entanto, apenas uma década mais tarde, nos anos de 1984 e 1985, respectivamente, surgiram de fato os primeiros programas brasileiros voltados à eficiência energética. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que surgiu com a finalidade de prestar informações sobre o nível de eficiência energética de aparelhos movidos a energia, por meio de uma etiqueta, visando estimular os consumidores na melhor tomada de decisão. E o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que teve como finalidade promover o uso eficiente de energia. (BORGES, 2020).

Vianna (2014) aponta que, em primeiro momento, a criação desses programas foram apenas “uma exigência de fundos internacionais para a concessão de crédito ao País motivada por pressões ambientais”. Por isso, eles ficaram estagnados por muitos anos até serem reconhecidos.

A princípio, esses programas surgiram com caráter voluntário. Com o passar dos anos, eles ganharam outros segmentos da economia, dentre eles o de edificações, e passaram a atuar em parceria um com o outro. Além do mais, alguns produtos passaram a ter obrigatoriedade quanto à etiquetagem. O que resultou em

uma tendência de regulação do mercado, reforçando o uso de etiquetas de eficiência energética. (GOMES, 2017).

Ações voltadas à conservação de energia no Brasil foram potencializadas em 2001, quando ocorreu uma grave crise energética em nosso país. Frente a diversos fatores, incluindo os de origem política, econômica e natural, várias regiões brasileiras sofreram com apagões, nos quais obrigaram o governo brasileiro a tomar medidas cabíveis. Diante disso, foi promulgada a Lei nº 10.295/2001, também conhecida como Lei de Eficiência Energética.

Por intermédio dela, foram estabelecidas diversas medidas para alocar os recursos energéticos de forma eficiente e visando a preservação ambiental. Dentre elas, a obrigatoriedade do PBE em diversas mercadorias do nosso país, no qual trouxe a informação dos níveis de eficiência energética desses produtos.

No contexto das edificações, a Lei nº 10.295/2001 criou comitês gestores e grupos técnicos para desenvolverem e regulamentarem procedimentos para avaliação da eficiência energética de edifícios brasileiros, buscando o uso racional de energia e a expansão do setor habitacional de forma energeticamente eficiente. E, a partir daí, surgiram as vertentes do PBE e PROCEL voltados às edificações, o PBE-Edifica e o Procel-Edifica.

O intuito do governo brasileiro ao incluir as edificações nesses programas foi de contribuir com a expansão habitacional, de forma energeticamente eficiente, planejando reduzir gastos operacionais na construção, utilização e manutenção dos empreendimentos. (PROCEL, 2019)

Sendo assim, no que diz respeito às edificações brasileiras, a partir de 2001, o Procel-Edifica passou a ser o programa responsável pela avaliação de edificações residenciais, comerciais, públicas e de serviço. Que, atua em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), que concede a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edifícios. E o PBE-Edifica, ficou responsável pela elaboração dos regulamentos técnicos, e dos manuais de aplicação necessários para classificar as edificações quanto a sua eficiência. Sendo assim, ambos os programas são complementares um ao outro.

Como o objetivo dessa pesquisa é a análise de eficiência energética de uma edificação por meio da sua etiquetagem, no próximo tópico será abordado sobre os critérios adotados para a classificação de eficiência energética em edifícios, sobre o PBE-Edifica.

2.3 Etiquetagem em Edificações Brasileiras

A etiquetagem energética é apontada como um instrumento que induz ao consumo eficiente de energia. No âmbito das edificações, ela é utilizada para fornecer a classe de eficiência energética de um empreendimento. Ao aplicá-la, pode-se garantir o seu bom desempenho, viabilizando o crescimento habitacional e econômico do país, mantendo-se o controle sobre as taxas de demanda de energia. (ELETROBRAS, 2014)

A etiquetagem de edifícios, pode ser utilizada para auxiliar na tomada de decisão de compradores de imóveis, possibilitando na comparação de empreendimentos. E, ao longo da vida útil de uma edificação, pode proporcionar a economia da fatura de energia. Além disso, ela fornece parâmetros que podem ser adotados na elaboração de projetos, proporcionando a conservação do bem estar e energia. (ELETROBRAS, 2014)

No Brasil, a etiquetagem dos edifícios é feita mediante a análise da edificação seguindo os requisitos estabelecidos pelo PBE-Edifica. Esse programa, é uma das 38 vertentes existentes do Programa Brasileiro de Etiquetagem, e foi desenvolvido em colaboração entre o Inmetro e a Eletrobras, no ano de 2009. Ele permite qualificar construções em níveis de eficiência, que podem variar de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). (PALLADINI, 2016)

O PBE-Edifica elaborou dois regulamentos técnicos para analisar o desempenho energético de edifícios. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). O primeiro foi lançado em 2009, o ano de sua criação, e o segundo após um ano, em 2010.

Dessa maneira, as etiquetas de eficiência energética podem ser adquiridas tanto para edificações comerciais, de serviços e públicas, bem como para edifícios residenciais. Quando uma edificação apresenta uso misto, ou seja, é comercial e residencial, avalia-se a parcela comercial à parte da residencial. (MMA, 2015)

O RTQ-C classifica a eficiência energética de três sistemas da edificação: a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar, independente da edificação ser comercial, pública ou de serviço. No qual, faz atribuição de pesos para cada um deles. Além do mais, ele prevê bonificações, tais como a presença de equipamentos ou

sistemas eficientes, que podem atribuir até mais um ponto na classificação final do edifício.

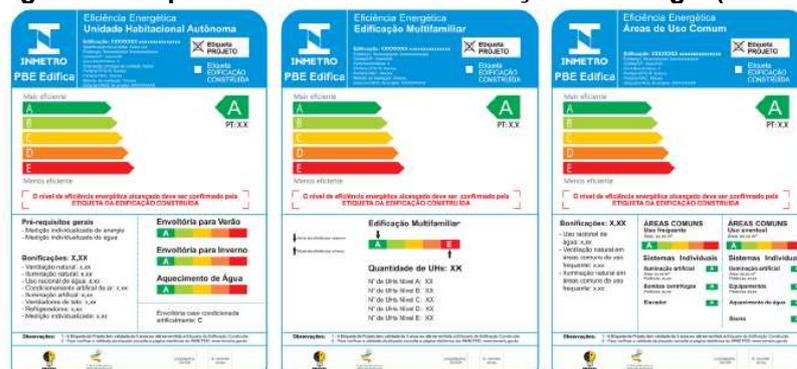
Já com o RTQ-R é diferente. Pois ele verifica o nível de eficiência de edificações residenciais que podem ser: unidades habitacionais autônomas, edificações unifamiliares e multifamiliares. E, para cada categoria, há critérios específicos.

Por exemplo, para as habitações autônomas avaliam-se os requisitos referentes à envoltória, aos sistemas de aquecimento de água e bonificações. Às edificações unifamiliares, aplica-se o mesmo procedimento de análise que para as unidades autônomas. Já para as edificações multifamiliares, realiza-se a avaliação geral através da ponderação de todas as unidades habitacionais autônomas da construção, ou se obtém a classificação apenas das áreas de uso comum, dentre os quais verificam-se os sistemas de aquecimento de água, os elevadores, as bombas centrífugas, os equipamentos movidos a energia e eventuais bonificações.

A metodologia de avaliação de eficiência energética de um empreendimento pode acontecer de duas maneiras: pelo método de simulação e pelo prescritivo, também denominado como simplificado. O método de simulação realiza a comparação do desempenho termo energético do edifício em análise com um edifício modelo, por meio de softwares específicos. O método prescritivo avalia a edificação por meio da aplicação de equações matemáticas, que levam em consideração os aspectos construtivos da edificação. A pontuação final resultante delas, permite classificar o nível de EE do edifício. (BORGES, 2020)

Ao final da análise de eficiência energética de uma edificação, adquire-se a ENCE, que pode ser concedida em duas oportunidades: na fase de projeto do edifício e após a sua construção. Os critérios analisados, em ambas as etapas, são as estratégias climáticas ajustadas às zonas bioclimáticas brasileiras, que podem ser consultadas na ABNT NBR 15220-3:2005, que aborda sobre o desempenho térmico das edificações. A Figura 3 apresenta alguns modelos da ENCE emitida pelo Inmetro. (MMA, 2015)

Figura 3 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).



Fonte: MMA, 2015.

Vale ressaltar que a ENCE não é considerada uma certificação. Pois, diferente das certificações existentes no mercado, tais como o LEED e o AQUA, por exemplo, ela pode ser adquirida para todas as edificações (exceto galpões industriais ou àquelas sem uso humano), sem precisar cumprir alguns pré-requisitos mínimos. Além do mais, na maioria das vezes outros aspectos também são avaliados para se obter uma certificação, incluindo o uso da água, a qualidade interna do ar, a quantidade de áreas verdes, processo construtivo e impactos sociais.

Diante disso, a aplicação da etiquetagem em um edifício não garante a sua qualidade em níveis de eficiência. Todos os agentes envolvidos em uma edificação (sejam eles arquitetos, engenheiros civis, empreendedores, usuários, eletricitistas, dentre outros), possuem participação no uso eficiente de energia. Dessa forma, é importante sempre buscar melhorias com inovações tecnológicas e criar bons hábitos para o aprimoramento da conservação de energia. (ELETROBRAS, 2014)

Uma edificação eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se uma edificação ineficiente. Da mesma forma, edificações ineficientes podem aumentar de forma considerável a sua eficiência se houver um empenho dos seus usuários nesse sentido. (ELETROBRAS, pg. 6, 2014)

Portanto, durante a etapa de projeto, construção ou *retrofit* de uma edificação, é importante que os profissionais da construção civil criem estratégias para proporcionar um maior conforto aos seus usuários e, uma maior eficiência energética. Pois isso, pode influenciar no comportamento dos usuários, no que diz respeito ao consumo de energia.

2.4 Procedimentos para Obtenção da ENCE para Edificações

Para conseguir obter uma ENCE para uma edificação, seja ela de projeto ou de edificação construída, primeiramente é necessário solicitar um pedido de avaliação de eficiência energética a um Organismo de Inspeção Creditado (OIA). Os OIAs são empresas, de direito público ou privado, reconhecidas pelo Inmetro, que possuem a competência de avaliar o nível de eficiência energética de uma edificação construída e/ou de projeto, tendo como base o RTQ-C e o RTQ-R do PBE-Edifica.

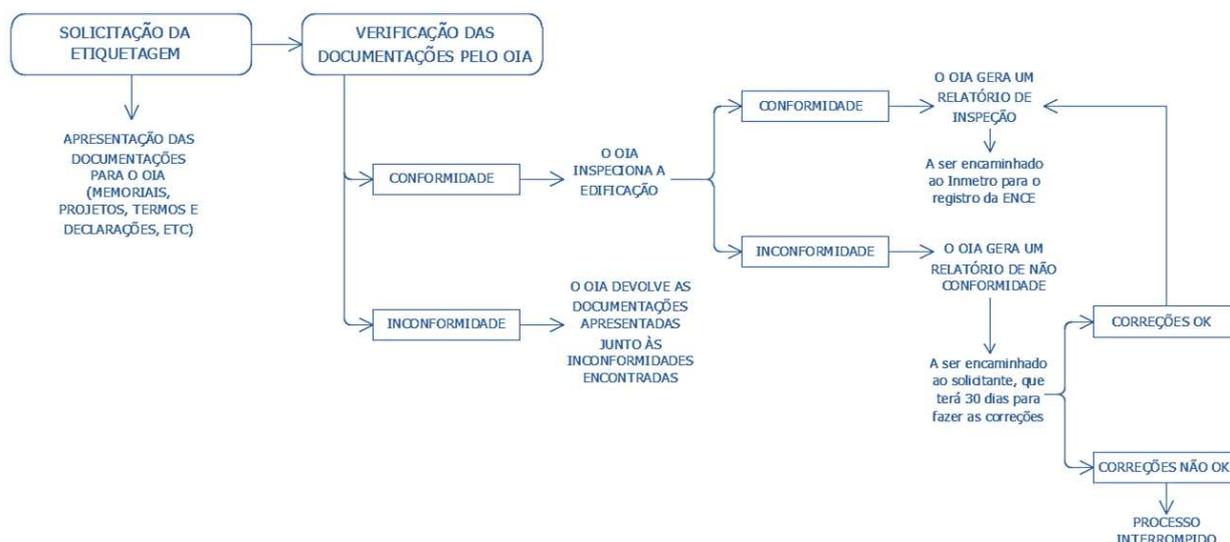
A relação de OIAs presentes no Brasil, pode ser consultada no sítio eletrônico do Inmetro. Atualmente, há três organismos habilitados para realizar a inspeção do desempenho termo energético de edifícios.

A solicitação é feita mediante a apresentação de uma série de documentações conforme o método de inspeção escolhido, sendo elas projetos, memoriais descritivos, termos e declarações, dentre outros. O OIA receberá a solicitação e verificará todas essas documentações. Se elas estão em conformidade com o solicitado, parte-se para a inspeção da edificação. Caso não, ele devolve por escrito o motivo da inviabilidade, junto com toda documentação apresentada. Ficando a cargo do solicitante abrir ou não outro protocolo de solicitação, com as documentações corrigidas.

Após deferido o processo de solicitação, o OIA contratado fará a inspeção do projeto ou, para o caso da etiqueta de edificação construída, inspecionará se o que foi construído está em conformidade com o que foi projetado. Se não for encontrado inconformidades durante a análise, ele gerará um Relatório de Inspeção, o qual será encaminhado ao Inmetro, junto com a ENCE da edificação, para serem registrados em banco de dados específicos.

Caso seja encontrada inconformidades durante a etapa de inspeção, o solicitante receberá do OIA um Relatório de Não Conformidades. Então, ele terá um prazo máximo de trinta dias corridos para comprovar a implementação de medidas corretivas das não conformidades. Em seguida, o OIA analisará essas evidências, e emitirá a etiqueta com o nível de eficiência obtido para a edificação, junto com o Relatório de Inspeção que, em seguida, serão encaminhados ao Inmetro para publicação.

Figura 4 – Fluxograma do processo de obtenção da ENCE.



Fonte: autoria própria, 2021.

Quanto aos custos do processo de etiquetagem, não há uma padronização de valores, o OIA é responsável por apresentar um orçamento. Em geral, as estimativas dependem do tamanho e da complexidade da edificação, do método de análise aplicado (prescritivo ou simulação), transporte com deslocamentos, dentre outros. Um ponto importante a ressaltar é que, para etiquetar um edifício em seu projeto e após a sua conclusão não precisa contratar o mesmo OIA para as etapas. Assim, pode-se variar o custo final com orçamentos diferentes.

O sitio eletrônico do PBE Edifica estima que, para etiquetar edifícios comerciais, públicos e de serviço, pelo método prescritivo, e com áreas entre 500 m² e 15.000 m², o custo pode variar de R\$ 11.000,00 a R\$ 22.000,00, em média. Com isso, espera-se que para etiquetar edificações residenciais esse custo seja bem menor.

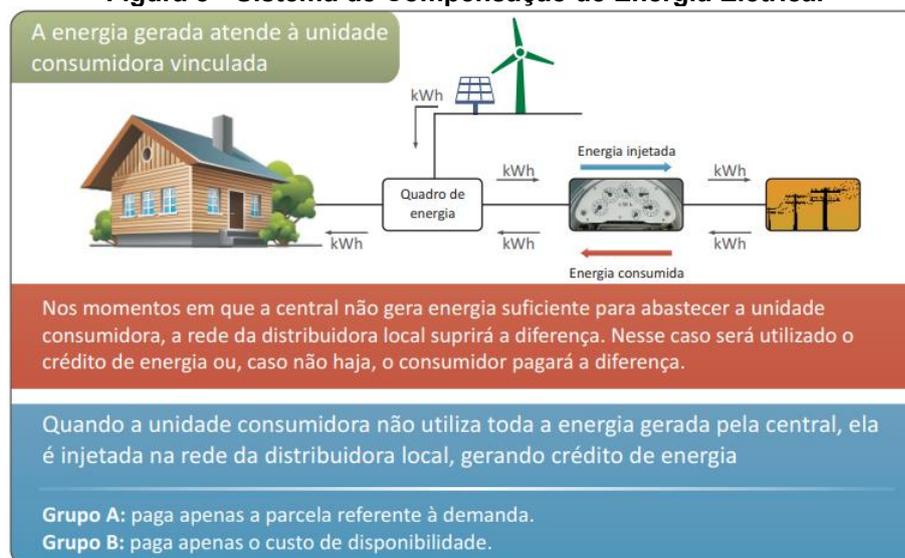
2.5 Geração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica

Outra questão importante a ser abordada quando o assunto é eficiência energética em edificações é a geração distribuída. Em abril de 2012, entrou em vigência a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (revisada pela REN nº 687/2015), a fim de incentivar a diversificação da matriz energética brasileira, na qual permitiu a própria geração de energia pelos consumidores brasileiros e, ainda, o fornecimento do excedente para a rede da concessionária local.

Sendo assim, a geração distribuída é o nome dado ao conceito de compensação de energia elétrica, cuja principal característica é a micro e minigeração de energia junto ou próximo local de consumo. Ela diferencia-se da geração centralizada por esse motivo, e por demandar menores investimentos e, sobretudo, por apresentar um processo simplificado para conseguir autorizações ou permissões de instalação.

Através da geração distribuída, a energia excedente gerada pelos consumidores é injetada na rede de distribuição, a qual fará uso dela. Desse modo, o consumidor fica com crédito de energia, válidos por sessenta meses, que pode ser utilizado para abater o próprio consumo em meses subsequentes, ou em outra unidade que possui a mesma titularidade. Quando os usuários consumirem mais energia do que excederem, então a rede distribuidora suprirá sua demanda, cobrando apenas a diferença na próxima fatura. Esse sistema é nomeado de Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que está representado na Figura 4.

Figura 5 - Sistema de Compensação de Energia Elétrica.



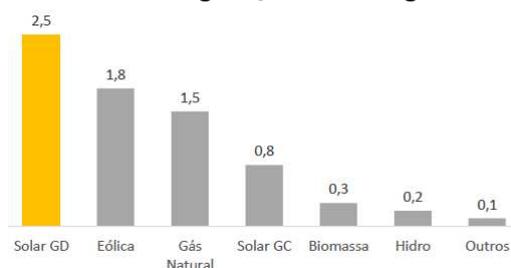
Fonte: ANEEL, 2016.

Para aderir à micro ou minigeração de energia, cabe ao consumidor toda a análise custo/benefício do sistema e apresentar a solicitação junto à concessionária local. Dentre as quais, envolvem verificar os custos dos equipamentos e instalações, o tipo de fonte de energia, condições de pagamento, existência ou não de mais de uma titularidade, dentre outros. A ANEEL não institui quaisquer custos e/ou condições de financiamento. E, a distribuidora local é responsável apenas pela verificação da documentação de solicitação, pela alteração do sistema de medição (para um bidirecional), e pela sua operação e manutenção.

Essa modalidade permite o uso de fontes renováveis ou a cogeração qualificada, o que resulta na diversificação da matriz energética. Ela é vista como uma fonte de energia com baixo impacto ambiental no seu processo de geração, além do mais, ela adia investimentos em sistemas de transmissão e distribuição elétrica, reduz as perdas por transmissão de energia e melhora a eficiência energética em edifícios. Dessa forma, ela é apontada como aliada à economia financeira e ao desenvolvimento sustentável.

Estudos realizados pela EPE em julho de 2021, através de dados da ANEEL, mostram que a micro e a minigeração de energia vem sendo determinante na expansão da oferta de eletricidade no Brasil. Sendo que, em 2020, as fontes distribuídas superaram a expansão das fontes centralizadas, como apresentado na Figura 5.

Figura 6 – Expansão da oferta de geração de energia elétrica em 2020, em GW.



Fonte: EPE, 2021.

Com posse dos dados apresentados pela Figura 5, percebe-se que com a aplicação de instruções normativas, como a REN nº 482/2012 (revisada pela REN nº 687/2015) houve uma tendência de alteração no sistema elétrico, pois no atual momento, a expansão de fontes solares já é maior que fontes hidráulicas. Portanto, ao que diz respeito a etiquetagem de edificação, espera-se que o uso de painéis solares, que são consideradas bonificações pela PBE Edifica, também se expanda nas edificações. Pois, com isso, altera-se a eficiência energética das edificações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentado a metodologia utilizada para a análise de eficiência energética de uma residência unifamiliar, a partir do PBE Edifica.

3.1 Análise de Eficiência Energética de Edificações pelo PBE-Edifica

Para verificar a eficiência energética de uma edificação, por meio do PBE-Edifica, primeiramente é necessário escolher o objeto de estudo e qual metodologia será aplicada a fim de verificar qual o nível de conservação de energia, para em seguida realizar a análise da edificação.

A presente pesquisa possui caráter qualitativo e quantitativo. Nela, será avaliada uma residência unifamiliar já existente na cidade de Toledo/PR, seguindo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

Escolheu-se essa residência devido ao seu projeto ser de uma regularização. Inicialmente a casa era uma residência do antigo BNH (Banco Nacional da Habitação), e passou por várias ampliações com o passar dos anos, sem a presença de um profissional devidamente habilitado. Então, a intenção é avaliar o nível de eficiência energética para descobrir se as escolhas adotadas durante essas reformas foram energeticamente eficientes.

Para realizar a análise de eficiência energética dessa residência será aplicado o método prescritivo proposto pelo RTQ-R, na qual, como já foi comentado, avaliam-se os requisitos referentes à envoltória, aos sistemas de aquecimento de água e bonificações, conforme a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada.

Dessa maneira, será avaliado esses dois sistemas individualmente, visando obter os seus níveis de eficiência. Em seguida, os seus resultados serão aplicados a uma equação, e depois somados a eventuais bonificações, com o intuito de obter uma pontuação total do nível de eficiência da residência.

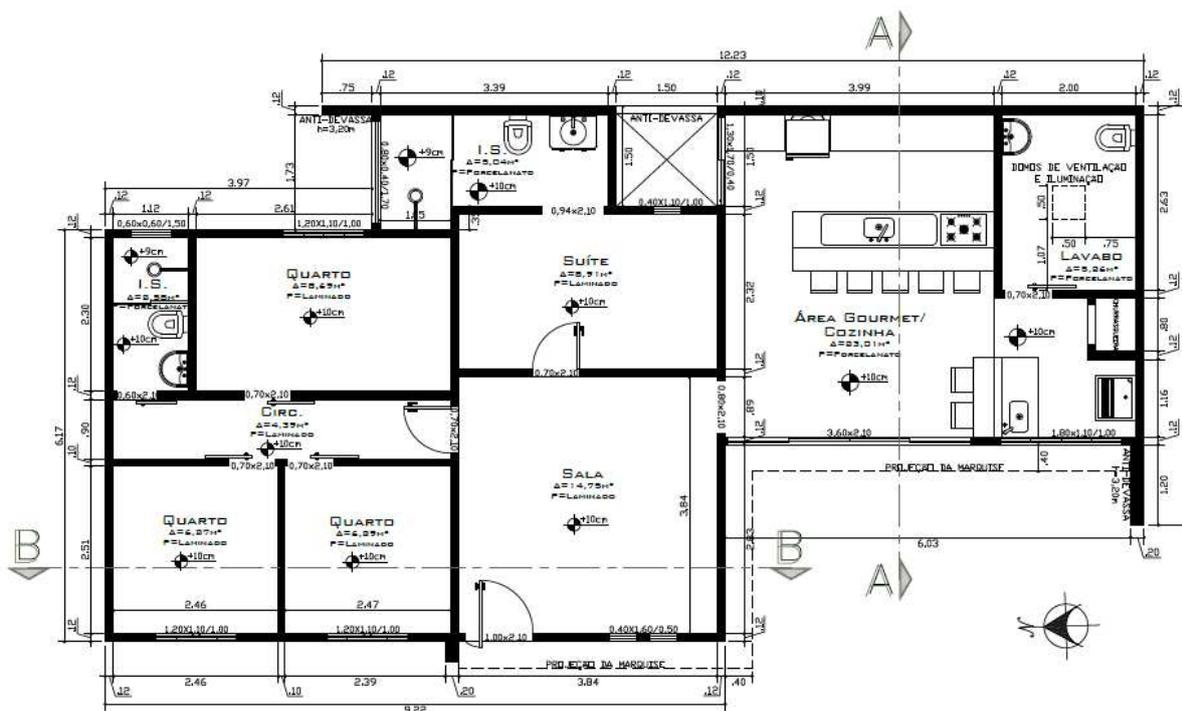
Sendo assim, a seguir serão descritos como pretende-se aplicar essa metodologia, bem como os materiais que serão utilizados.

3.1.1 Caracterização do Objeto de Estudo

A edificação escolhida para o estudo se trata de uma residência unifamiliar já existente na cidade de Toledo/PR, e que passou por várias reformas ao longo dos anos. Atualmente, ela apresenta uma área de 95,94 m², e fica localizada em um bairro residencial do município.

O projeto executivo arquitetônico foi disponibilizado pela profissional que desenvolveu o projeto de regularização dessa residência e optou por não ser identificada. Vale ressaltar que ele foi concedido com o aval de seus clientes, e já foi aprovado pela prefeitura do município. A Figura 6 apresenta a planta baixa do objeto de estudo, e o projeto executivo encontra-se em Anexo.

Figura 7 – Planta Baixa do objeto de estudo.



Fonte: Autoria própria, 2021.

3.1.2 Coleta e Análise dos Dados

Para realizar a classificação do nível de eficiência energética da residência a ser estudada serão seguidos os critérios apresentados no RTQ-R, do PBE-Edifica. A coleta dos dados necessários para aplicação do RTQ-R, a princípio, deverá ser feita através dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação objeto de estudo

já fornecidos. No entanto, se por eventualidade faltar informações, pretende-se realizar visitas *in loco* para obter os dados faltantes.

Seguindo as instruções do manual de aplicação do RTQ-R, e considerando que se trata de uma residência unifamiliar, deve-se avaliar a sua eficiência energética conforme o procedimento descrito para Unidade Habitacional Autônoma (UH). Em UH, “avaliam-se aspectos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento de água e a eventuais bonificações” (pg. 45, Eletrobras, 2014). Dessa maneira, analisará os mesmos aspectos no objeto de estudo, respectivamente.

Para UH, a classificação total da eficiência energética pode ser determinada através do resultado obtido pela aplicação da Equação 1. Assim, ao utilizar a mesma fórmula, obtém-se o nível de eficiência energética para a residência objeto de estudo.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad (1)$$

Onde:

PT_{UH} é a pontuação total do nível de eficiência da residência unifamiliar;

a é o coeficiente adotado de acordo com a região geográfica na qual a edificação está localizada, e é apresentado na Tabela 1;

$EqNumEnv$ é o equivalente numérico referente ao desempenho térmico da envoltória;

$EqNumAA$ é o equivalente numérico referente ao sistema de aquecimento de água;

$Bonificações$ são as pontuações atribuídas a iniciativas que favorecem a eficiência da edificação;

Tabela 1 – Coeficientes da Equação 1.

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
a	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

Fonte: Eletrobras, 2014.

No entanto, para utilizar a Equação 1, é necessário calcular os equivalentes numéricos referentes à envoltória e ao aquecimento de água. Ambos apresentam metodologias de aplicação diferentes (abordados nos itens 3.1 e 3.2 do RTQ-R, respectivamente), mas buscam avaliar como esses sistemas impactam no consumo de energia da edificação. À medida que será feita a análise do nível de eficiência energética, será feito o levantamento de dados da edificação.

O desempenho da envoltória é avaliado através de um indicador de graus hora de resfriamento e de um indicador de consumo relativo para aquecimento e refrigeração. Na qual ambos podem ser determinados por meio de equações lineares, em que são inseridos parâmetros referentes às propriedades físicas e térmicas da envoltória. Para calcular a sua pontuação final, é preciso avaliar individualmente a envoltória de cada um dos ambientes de permanência prolongada (por exemplo: sala, quartos, suíte, etc.), junto com os pré-requisitos de cada ambiente da residência objeto de estudo.

Esses pré-requisitos referem-se a características de absorvância, transmitância e capacidade térmica das superfícies (como paredes e cobertura) e relacionadas à iluminação e ventilação natural. Assim, baseando-se nos dados apresentados pelo projeto arquitetônico da residência objeto de estudo, buscará essas informações no Anexo Geral 5 do RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações), intitulado “Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros” e os aplicará para calcular o desempenho energético da edificação analisada.

Devido o extenso território brasileiro, assim como variadas Zonas Bioclimáticas (ZB) presentes em nosso país, que exigem diferentes estratégias para alcançar condições de conforto térmico e eficiência energética nas edificações, o RTQ-R apresenta dezoito equações para o cálculo da envoltória. Porém, para a presente pesquisa, utilizará apenas as equações e requisitos referentes a ZB em que a residência objeto de estudo está inserida.

O RTQ-R avalia o desempenho dos aparelhos de aquecimento de água, com base na sua classificação de conservação de energia. Priorizando a utilização de sistemas mais eficientes em relação ao gasto de energia, principalmente aqueles classificados pelo PBE, e permitindo a combinação de diferentes tipos de aquecimento. A pontuação final para essa categoria é obtida conforme as demandas e respectivos níveis de energia de cada aparelho, e pode ser feita seguindo o item 3.2 do RTQ-R.

Para facilitar a análise de eficiência energética em unidades habitacionais autônomas, o Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações-CB3E desenvolveu a “Planilha de cálculo do desempenho da UH-método prescritivo”. Na qual pode ser utilizada para calcular o desempenho energético de uma UH. Ela é composta por 6 abas que, ao todo, calculam o desempenho dos ambientes, os pré-

requisitos, as bonificações, o sistema de aquecimento de água, a pontuação total da edificação, levando em consideração as características da edificação conforme a ZB em que ela está inserida.

Essa planilha será utilizada para auxiliar a análise de eficiência energética da residência objeto de estudo. Os anexos apresentam o seu layout. Nele, observam-se células em três cores principais: cinza claro, cinza escuro e branco. As células brancas serão preenchidas com os dados da edificação, e as cinzas serão preenchidas automaticamente.

Apenas a pontuação final para o aquecimento de água deverá ser calculada manualmente, conforme o item 3.2 do RTQ-R. Pois, há uma variedade de sistemas de aquecimento de água que podem ser utilizados, e automatizá-los seria inviável. Dessa forma, nota-se que essa célula é apresentada na cor branca.

No entanto, após o seu preenchimento, assim como de todos os dados referentes à edificação, na última aba, denominada “Pontuação Final”, serão apresentados os resultados para a classificação final e a pontuação total alcançada pela residência objeto de estudo. A pontuação final, assim como a classificação, obtidas através planilha, seguem a classificação apresentada pela Tabela 2.

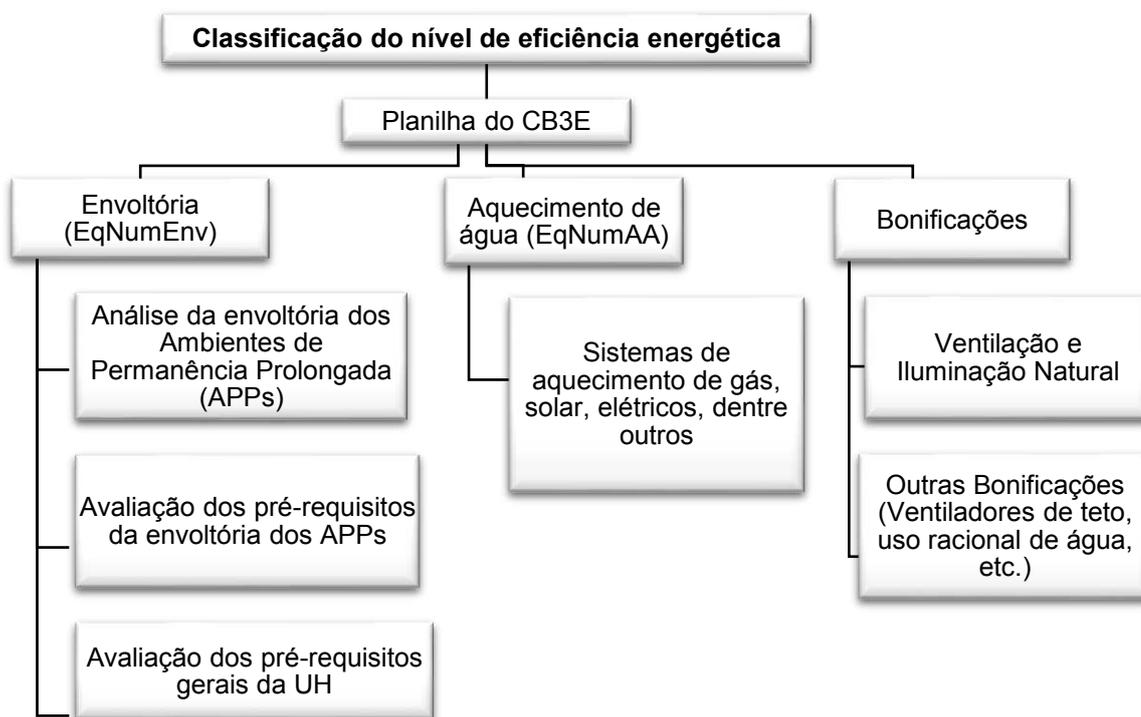
Tabela 2 – Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
PT ≥ 4,5	A
3,5 ≤ PT < 4,5	B
2,5 ≤ PT < 3,5	C
1,5 ≤ PT < 2,5	D
PT < 1,5	E

Fonte: RTQ-R, 2010.

Pretende-se apresentar de forma gráfica o levantamento de dados da edificação e os resultados a serem obtidos, exibindo a própria planilha de auxílio preenchida. Assim, fica fácil o entendimento e a interpretação.

A Figura 7 apresenta uma representação simplificada da metodologia da pesquisa. Na qual mostra o material que será utilizado, bem como o que será avaliado e em que etapa isso acontecerá.

Figura 8 – Representação simplificada da metodologia da pesquisa.

Fonte: Autoria própria, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

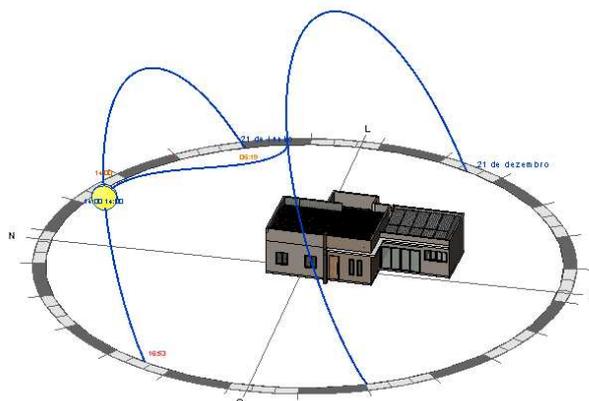
Baseado na metodologia proposta, a seguir serão apresentados e comentados os resultados da análise de eficiência energética da residência objeto de estudo. Iniciando, pela apresentação das características climáticas da região onde a edificação estudada está localizada. Seguido, da análise do desempenho termo energético dos sistemas da edificação, como a envoltória, sistemas de aquecimento de água e bonificações. Bem como o desempenho total da unidade habitacional.

4.1 Localização e Orientação do Objeto de Estudo

Antes de iniciar a análise de eficiência energética da edificação objeto de estudo, é importante entender quais as características climáticas da região e como a planta da edificação está orientada. Uma vez que, são esses os fatores que regem os parâmetros a serem considerados na relação ambiente construído e conforto dos usuários.

Conforme o projeto arquitetônico executivo exibido em Anexo, a construção estudada se trata de uma residência unifamiliar térrea, que conta com uma área construída de 95,94 m², e está implantada em um terreno com área de 325,00 m². A Figura 8 apresenta uma perspectiva da edificação, assim como a sua orientação geográfica e duas trajetórias solares. Uma simulando o posicionamento do sol para o início do inverno deste ano (dia 21 de julho de 2021) e outra para o início do verão (dia 21 de dezembro de 2021), por serem os momentos em que a energia solar atinge os seus extremos.

Figura 9 – Orientação do objeto de estudo.



Fonte: autoria própria, 2021.

Levando em consideração a orientação exibida na Figura 8, percebe-se que a fachada frontal da residência está orientada a Oeste. Segundo a Eletrobras (2014), “a orientação das fachadas influencia na eficiência da envoltória”. Portanto, para o estudo da sua envoltória seguirá a mesma disposição a fim de levantar as áreas de fachadas e aberturas.

Quanto a localização geográfica, a edificação estudada fica situada na Rua Tomás Édson, esquina com a Rua Vereador Francisco Galdino de Lima, no Conjunto Residencial da Cohapar, em Toledo/PR, e pode ser observada na Figura 9.

Conforme Conhecendo... (2019), o clima característico da região oeste do estado do Paraná é o Clima Subtropical Úmido (Cfa), o qual apresenta verões com altas temperaturas, poucas geadas no inverno, e períodos de seca indeterminados. Portanto, por Toledo estar no oeste paranaense, a região de estudo possui esse clima como característica.

Figura 10 – Localização do objeto de estudo.



Fonte: Google Earth, 2021.

Ao consultar a ABNT NBR 15220:2005, percebe-se que a residência estudada se encontra na Zona Bioclimática 3 (ZB3). De acordo com CB3E (2014), cidades situadas na ZB3 em geral possuem clima ameno, possuindo inverno e verão bem definidos. Sendo assim, para projetos dessa região, é interessante buscar incorporar estratégias como: ventilação cruzada no verão, permitir insolação solar no inverno,

paredes externas e coberturas leves e isoladas, paredes internas pesadas e aquecimento solar da edificação.

4.2 Análise da Edificação Seguindo o PBE Edifica

Após determinado que a edificação se encontra na ZB3, partiu-se para a análise de desempenho energético da residência e dos seus sistemas individualizados. O primeiro sistema estudado foi a envoltória, seguido do sistema de aquecimento de água e das bonificações. Por último, tratou-se da sua classificação final. Utilizou-se a planilha de cálculo do desempenho da UH do CB3E para chegar nos resultados, que é recomendada pelo próprio RTQ-R. A seguir eles serão apresentados.

4.2.1 Envoltória

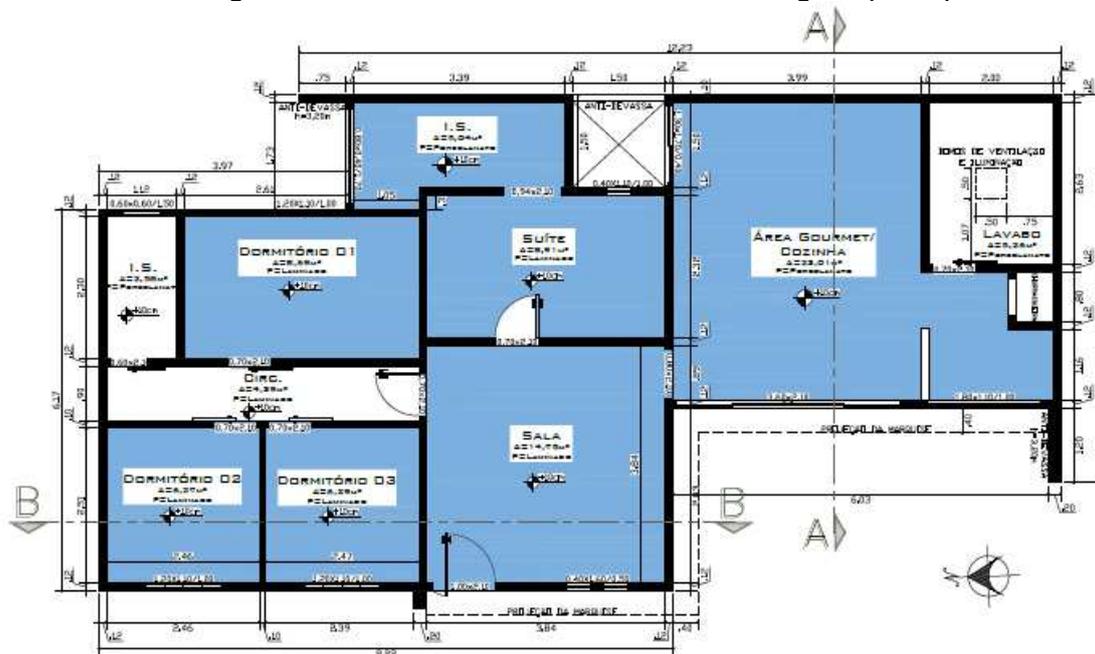
A envoltória de uma edificação é caracterizada pelo conjunto de elementos que separam os ambientes internos dos externos, tais como paredes, cobertura, aberturas, dentre outros. Ela é responsável pela proteção dos ambientes internos da edificação, assim, quanto mais ineficiente é a envoltória de uma edificação, maiores são as trocas térmicas entre os espaços interno e externo.

A avaliação do sistema da envoltória da residência objeto de estudo, iniciou-se pela identificação dos Ambientes de Permanência Prolongada (APPs). De acordo com o RTQ-R, enquadram-se nesses ambientes, os cômodos cuja frequência de pessoas é contínua. São exceção: “cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, solarium, garagem, dentre outros que sejam de ocupação transitória”.

Quando não há separação até o forro entre algum ambiente de permanência prolongada com um de ocupação transitória, deve-se computar o último como extensão do ambiente anexo a ele. Dessa maneira, para a residência estudada considerou-se como APPs (Figura 10) os três dormitórios, a suíte e seu banheiro

contíguo a ela, e a sala com a cozinha anexa a ela, visto que esses cômodos não possuem divisórias ou separação por parede até o forro.

Figura 11 – Ambientes de Permanência Prolongada (APPs).



Fonte: autoria própria, 2021.

Em seguida, realizou-se a análise da envoltória e dos pré-requisitos desses ambientes, seguindo os parâmetros para a ZB3, apresentados na Tabela 4. Para isso, foi necessário levantar as características dos materiais construtivos que compõem a edificação, visando apurar os aspectos físicos e térmicos das suas superfícies, como paredes, aberturas e cobertura, bem como iluminação e ventilação natural de cada APP em separado.

Tabela 3 – Pré-requisitos para edificações situadas na Zona Bioclimática 3.

Componente	Absortância Solar (adimensional)	Transmitância Térmica (W/m ² K)	Capacidade Térmica (kJ/m ² K)	% de abertura p/ ventilação em relação a área útil do ambiente (A)	% de abertura p/ iluminação em cada ambiente (A)
Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$	A $\geq 8\%$	mínimo 12,5%
	$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$		
Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência	A $\geq 8\%$	mínimo 12,5%
	$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência		

Fonte: RTQ-R, 2010.

Dessa forma, através do projeto arquitetônico e de visitas ao local, verificou-se que a residência estudada foi construída seguindo o sistema construtivo de

alvenaria convencional. Suas paredes internas e externas são de bloco cerâmico de 6 furos (9,0x14,0x24,0 cm), revestidas com uma camada de argamassa, seguido por uma camada de pintura. Sua cobertura é mista, sendo composta por telhas de fibrocimento e de barro, e um pequeno pedaço feito em laje impermeabilizada. Com exceção da sala e do banheiro da suíte que possuem forro de gesso, o restante da casa possui forro de PVC.

A residência não possui dispositivos de sombreamento e nem aberturas zenitais (vãos que permitem iluminação natural pela cobertura) nos ambientes de permanência prolongada. A maior parte das aberturas externas são compostas de vidro temperado com espessura de 6 mm. A exceção é a porta da sala, que é de madeira. A cor da pintura externa se assemelha à camurça, cuja absorvância é de 0,55.

Para os ambientes integrados (sala e suíte), foi necessário realizar alguns cálculos a mais, visto que algumas das suas características térmicas e físicas eram diferentes. Sendo assim, conforme as diretrizes do RTQ-R, efetuou-se a média ponderada para a capacidade térmica (CT) e transmitância térmica (U) da cobertura desses cômodos, assim como para o pé direito da sala/cozinha, e para o fator das aberturas para ventilação (F_{vent}) de ambos.

No Apêndice A, encontra-se todos os cálculos complementares efetuados. E, na Tabela 5 são apresentadas as propriedades dos materiais citados para cada APP, sendo alguns dados extraídos diretos do Anexo Geral 5 do RAC, e outros do Apêndice A.

Tabela 4 – Propriedades construtivas dos materiais da envoltória.

Componente	Propriedade construtiva	Ambientes		
		Sala	Dormitórios	Suíte
Paredes externas	U_{par}	2,46	2,46	2,46
	CT_{par}	150,00	150,00	150,00
	α_{par}	0,55	0,55	0,55
Cobertura	U_{cob}	0,92	1,75	0,97
	CT_{cob}	12,10	21,00	30,55
	α_{cob}	0,75	0,75	0,75

Fonte: RTQ-R, 2010.

Também foi preciso levantar as áreas de fachada, de paredes internas e de aberturas, conforme a orientação da edificação. Além das áreas úteis de cada APP, e

das áreas de iluminação e ventilação natural, levando em consideração o percentual de iluminação e ventilação para cada esquadria, desconsiderando os caixilhos.

O próprio RTQ-R, em seu Anexo II, apresenta uma tabela de descontos das esquadrias para o cálculo do percentual de iluminação e ventilação natural. Caso a tipologia de esquadria não seja abordada pela tabela, deve-se calcular manualmente as taxas de iluminação e ventilação natural, de acordo com um exemplo mostrado no Manual de Aplicação do RTQ-R.

Com base nisso, se fez todos os levantamentos necessários e, em posse de todos os dados apurados, preencheu-se a planilha de auxílio. Na qual exibiu os resultados individualizados da envoltória dos APPs e as verificações dos pré-requisitos para cada um deles. Dos Anexos G a K encontra-se a planilha preenchida com os dados da edificação e os resultados encontrados. E, na Figura 11 é apresentado um resumo do nível de eficiência para cada ambiente.

Figura 12 – Resultados da Envoltória para os Ambientes de Permanência Prolongada (APPs).

Análise da envoltória dos APPs	Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
	Ambiente	Suíte + I.S.	Sala + Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Dormitório 3
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	E	E	E	E	E	E
	3292	4472	3845	3978	3975	
Consumo Relativo para Aquecimento	C	C	B	B	B	B
	13.224	14.486	12.59	10.823	10.846	
Consumo Relativo para Refrigeração	C	Não se aplica	C	D	D	D
	12.45	0	14.394	18.868	18.817	
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambientes	Envoltória para Verão	E	E	E	E	E
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Envoltória para Inverno	C	C	C	C	C
		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	C	D	D	D
	3.00	0.00	3.00	2.00	2.00	

Fonte: autoria própria, 2021.

Com relação aos resultados exibidos na Figura 11, o primeiro ponto observado foi que o indicador Graus-hora para Resfriamento de todos os ambientes analisados recebeu classificação E. Isso significa que, a temperatura desses ambientes, se ventilados naturalmente, encontra-se acima da média projetada (que para o RTQ-R é de 26°C) em diversos momentos. Em vista disso, há um aumento na utilização de outros meios para o resfriamento desses ambientes e um maior gasto energético.

O segundo ponto observado foi que houve uma variação entre os resultados da avaliação da envoltória dormitórios e de seus pré-requisitos, para o indicador

Consumo Relativo para Aquecimento. Isso aconteceu devido esses aposentos não terem cumprido o pré-requisito referente às características térmicas para a cobertura. Conforme a Tabela 4, como a transmitância térmica (U) é de $1,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, a absorptância (α) deveria ser inferior a 0,6. E não é isso que acontece, pois a absorptância térmica desses ambientes é igual a 0,75.

Além disso, notou-se que o dormitório 1 também não atende ao percentual mínimo para iluminação e ventilação natural. O percentual de ventilação calculado em relação à área útil do ambiente foi de 6,17%, enquanto o exigido é 8%. Já a porcentagem de iluminação natural calculada corresponde a 10,71% da área útil do ambiente, enquanto o mínimo exigido é de 12,5%.

Dessa maneira, percebeu-se que esses cômodos em sua atual situação possuem capacidade para atingir nível B de eficiência, visto que os resultados para suas envoltórias foram esses. No entanto, por não terem atingido esses pré-requisitos, a máxima classificação da envoltória para o inverno foi nível C.

Quanto ao indicador Consumo Relativo para Refrigeração, observou-se que não ocorreu variação entre os valores adquiridos para a envoltória dos APPs e dos seus pré-requisitos. Segundo o RTQ-R, essa informação é gerada apenas para os dormitórios e com caráter informativo, não influenciando no consumo real para refrigeração desses ambientes. Além do mais, ele apenas possui utilidade se considerar o condicionamento artificial de ar como uma das bonificações, e isso será comentado mais à frente.

Por fim, outro aspecto importante constatado, foi que apenas a sala/cozinha atendeu a todos os pré-requisitos. Logo, sua classificação poderia atingir a máxima eficiência. Entretanto, não foi esse o resultado encontrado para a sua atual configuração de envoltória, visto que esse ambiente atingiu nível E e C para a envoltória para o verão e inverno, respectivamente.

Provavelmente isso aconteceu devido a orientação da sua fachada principal e a maior parte de suas aberturas, que, conforme exposto na Figura 8, recebem grande incidência solar. Além disso, a não existência de sombreamentos aliado aos atuais elementos construtivos da residência não estão sendo suficientes para manter níveis adequados de eficiência energética. Em consequência, a sala/cozinha demanda um maior gasto de energia para manter condições de conforto térmico, seja para refrigerar ou aquecer o ambiente.

Após a classificação da envoltória dos APPs, ainda foi necessário apurar os pré-requisitos gerais da UH para classificar a envoltória da edificação como um todo. Para isso, primeiro analisou-se a existência de medição individualizada de água e luz na UH. Em seguida, verificou-se a ventilação cruzada por fachada, e ventilação natural dos banheiros.

Conforme a planilha preenchida em anexo, a edificação estudada não atendeu ao requisito de ventilação cruzada. Dessa forma, a envoltória da UH não possui potencial para atingir máxima classificação de eficiência energética. Além disso, pode-se alegar que a residência não possui quantidade suficiente de área de aberturas dispostas em diferentes fachadas, que permitem trocas de ar necessárias para suprir condições de higiene e conforto.

Dessa maneira, após os resultados supracitados para cada ambiente de permanência prolongada, e ainda preencher outros pré-requisitos para a unidade habitacional como um todo, a nota final da envoltória foi de 1,72. O que, segundo a Tabela 2, corresponde a classificação D de eficiência energética para esse sistema.

4.2.2 Sistema de Aquecimento de Água

Devido a variedade de equipamentos de aquecimento de água presentes no mercado, para avaliar esse sistema na residência objeto de estudo, primeiro foi necessário identificar quais dispositivos estão empregados na edificação. Pois, o RTQ-R contém diferentes critérios de avaliação para eles, conforme a sua tipologia (gás, solar, bombas de calor, dentre outros).

No código de obras do município de Toledo/PR, não há a compulsoriedade em apresentar projetos complementares de residências com área inferior a 100,00 m². Portanto, como a residência estudada possui uma área de 95,94 m², ela não contém projetos elétrico e hidrossanitário, o que torna impossível a avaliação desse sistema.

Para solucionar esse problema, realizou-se visitas ao local estudado para colher informações. Através disso, constatou-se que o aquecimento de água é feito apenas por eletricidade. A residência possui dois chuveiros elétricos cujas potências são de 7.500 W e 7.700 W, e esses são os únicos aparelhos de aquecimento de água presentes na edificação.

Conforme o RTQ-R, na região sul, “caso não exista sistema de aquecimento de água instalado na UH, deve-se adotar equivalente numérico de aquecimento de água (EqNumAA) igual a 1, ou seja, nível E”. Dessa maneira, isso justifica o resultado encontrado após o preenchimento da planilha com as características da edificação, que foi o nível E de eficiência para esse sistema. (ELETROBRAS, 2014, pg. 114)

4.2.3 Bonificações

O RTQ-R considera como bonificações, qualquer estratégia aplicada a edificação que possa aumentar a sua eficiência energética, desde que elas sejam comprovadas. Alguns exemplos são: a adoção de boas estratégias de ventilação e iluminação natural, o uso de equipamentos de condicionamento de ar e refrigeradores com Selo Procel, a instalação de ventiladores de teto, dispositivos que racionalizam água, sistemas de cogeração de energia, dentre outros. (ELETROBRAS, 2014, pg. 148)

As bonificações de uma edificação podem ser alcançadas de forma parcial, pois elas são autossuficientes. Independente de quantas estratégias são adotadas, elas podem elevar o nível de eficiência da construção em no máximo um ponto. Sendo assim, para obter a sua pontuação, primeiro é necessário verificar quais iniciativas que contribuem para o melhor desempenho energético estão empregadas no imóvel.

Após realizar visitas ao local estudado e levantar todos os dados necessários para o preenchimento da planilha de auxílio, constatou-se que a residência estudada recebeu bonificação apenas devido a estratégias adotadas para iluminação natural.

Pois, para ela ser considerada uma bonificação a profundidade de mais que 50% dos ambientes deve ser menor que 2,4 vezes a medida do piso até a altura da abertura para iluminação, e a refletância do teto deve ser superior a 0,60. A residência estudada atendeu a esses critérios, pontuando 0,2 e 0,1 para cada parâmetro supracitado, respectivamente. Sendo assim, a pontuação final das bonificações para a edificação estudada foi de 0,3.

Não houve pontuação no quesito equipamentos instalados, porque notou-se apenas a existência de um aparelho de ar condicionado do tipo split instalado na suíte,

no uma qual possui etiqueta marcando nível A de eficiência. Porém, após consultar o seu modelo (CBU09B/CBZ09B) na tabela do Inmetro de condicionadores de ar, verificou-se que essa informação estava incorreta, pois o seu nível de eficiência real é o B. A Figura 12 apresenta a etiqueta encontrada no aparelho de ar condicionado.

Figura 13 – Etiqueta do ar condicionado da residência.



Fonte: autoria própria, 2021.

Conforme o RTQ-R, para obter pontuação referente ao condicionamento artificial de ar, os equipamentos instalados devem possuir o Selo Procel, no qual garante o nível A de eficiência energética. E, não foi essa a situação encontrada.

Quanto as estratégias de ventilação natural adotadas, o RTQ-R exige que:

“As UHs de até dois pavimentos devem comprovar a existência de porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas, expressa pela relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada”. (ELETROBRAS, 2014, pg. 150)

Para a residência estudada, verificou-se que apenas a fachada oeste atingiu o percentual de porosidade mínimo para circulação de ar, o qual apresentou um valor de 34,5%. Nas demais, o percentual é bem abaixo do esperado. Além disso, a residência não possui outros dispositivos especiais instalados, tais como torres de vento, peitoris ventilados, dentre outros. Logo, também não foi atribuído pontos para a bonificação devido a ventilação natural.

4.2.4 Classificação final da UH

Após verificar os níveis de eficiência para cada sistema da UH, a própria planilha de auxílio, em sua aba “Pontuação Total”, apresenta os resultados obtidos para a edificação estudada. Os mesmos podem ser conferidos nas Figuras 13 e 14.

Figura 14 – Pontuação parcial por sistema.

Pontuação Total	Identificação	Residência Unifamiliar
	Envoltória para Verão	E 1.00
	Envoltória para Inverno	C 3.00
	Aquecimento de Água	E 1.00
	Equivalente numérico da envoltória	D 1.72
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 2.64
	Bonificações	0.30
	Região	Sul
	Coefficiente a	0.65

Fonte: autoria própria, 2021

Figura 15 – Classificação final da UH.

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1.77

Fonte: autoria própria, 2021

Por meio deles, percebe-se que a classificação final da UH, ao apresentar o nível D de eficiência, indica que as escolhas feitas ao longo dos anos durante as várias reformas da residência não foram satisfatórias no que diz respeito a eficiência energética. Dessa maneira, está havendo um desequilíbrio térmico entre os ambientes internos e externo da edificação que, por causa disso pode estar havendo um desconforto em seus usuários e um maior gasto de energia elétrica.

Para alterar essa condição, no próximo capítulo serão apresentadas propostas de melhorias para essa edificação, a fim de aumentar o seu nível de eficiência energética.

4.3 Propostas de Melhorias

Buscando aumentar o nível de eficiência energética da edificação estudada, a seguir serão apresentadas sugestões de melhorias para cada sistema supracitado, e como eles influenciam na qualidade do ambiente construído.

4.3.1 Envoltória

Baseado na análise da edificação, observou-se a existência de diversos problemas relacionados a envoltória da edificação. O primeiro deles está relacionado aos ambientes de permanência prolongada, em especial aos dormitórios, dos quais algumas propriedades térmicas da cobertura não se enquadraram aos limites estabelecidos pelo RTQ-R. Para a atual transmitância térmica, é esperado um valor de absorvância inferior a 0,6. No caso das telhas cerâmicas, esse valor é de 0,75, o que é maior que o exigido, por isso esse pré-requisito não é cumprido.

Para alterar o valor desse parâmetro, uma proposta econômica e viável é trocar a cor do telhado. O Anexo 5 do RAC, apresenta uma tabela com algumas opções de cores, assim como suas respectivas absorvâncias. Para a edificação estudada, sugere-se pintar o telhado com tinta acrílica na cor branco neve, cuja absorvância é de 0,102, bem inferior que o esperado.

Outro pré-requisito não atendido foi o de ventilação natural para a suíte e para o dormitório 1, nos quais apresentaram áreas de abertura para ventilação menores que o necessário. Visando alterar essa situação, recomenda-se aumentar essas áreas utilizando como base o percentual mínimo de 8% da área útil desses ambientes, e trocar a tipologia da abertura da suíte, para uma que o percentual de ventilação seja maior. Diante disso, a Tabela 6 apresenta as novas sugestões de aberturas. Considerou-se 2,75 cm de espessura dos caixilhos para os cálculos.

Tabela 5 – Novas aberturas para a suíte e o dormitório 1.

Ambiente	Área útil (m ²)	% mínimo de ventilação	Área mínima de ventilação (m ²)	Tipo de abertura (% ventilação)	Tamanho da abertura	Área da abertura de ventilação (m ²)
Suíte/I.S.	13,95	8%	1,12	De correr, 2 folhas (50%)	1,40x1,75/0,35	1,14
Dormitório 1	8,59		0,69	De correr, 4 folhas (50%)	1,40x1,10/1,00	0,70

Fonte: autoria própria.

Ao alterar a área de abertura de ventilação desses ambientes, também se atende ao pré-requisito geral de ventilação cruzada da UH, que anteriormente não era satisfeito. Dessa forma, ela não terá restrição quanto a conseguir alcançar a máxima classificação energética para a envoltória, pois todos os seus pré-requisitos serão alcançados.

Outra questão também observada na atual envoltória da edificação, é que ela possui a sua fachada principal, assim como a maioria das suas aberturas, orientada para oeste, na qual acaba recebendo grande incidência solar. E isso, afetou o seu desempenho térmico, como mostrado no Item 4.2.1 desta pesquisa. Assim, visando melhorar a sua performance, sugere-se ou a troca ou melhoria das suas aberturas, ou a instalação de dispositivos de sombreamento.

A proposta de troca das esquadrias se deve pelo fato das atuais, envidraçadas simples, apresentarem uma transmitância térmica superior aos demais elementos constituintes da fachada. Desse modo, são mais propícios às trocas de calor entre os meios interno e externo, o que diminui o isolamento térmico da edificação e eleva os gastos de energia. Para melhorar essa situação, recomenda-se trocar as aberturas por esquadrias com vidros duplos, ou instalar películas refletivas nas atuais esquadrias.

No entanto, esse tipo de solução só será interessante no caso de as esquadrias encontrarem-se fechadas. Diante disso, outra proposta mais maleável e também eficaz, é instalar dispositivos de sombreamento, tais como: brises, pergolados, venezianas, cobogós, dentre outros. Pois, a depender das escolhas, eles permitem a iluminação e ventilação natural, independente de as esquadrias estarem abertas ou fechadas. Será considerada a solução de sombreamento para a edificação estudada.

Aplicando as propostas supracitadas na planilha de auxílio, observa-se que o sistema de envoltória da residência estudada alcançaria o nível C de eficiência energética. Sendo assim, se uma reforma for realizada, o desempenho térmico da edificação pode melhorar.

4.3.2 Sistema de Aquecimento de água

Como visto no Item 4.2.2, o aquecimento de água na residência estudada é realizado apenas por eletricidade e, por isso, recebeu a pior classificação de eficiência energética. No entanto, quanto menos eficiente é o sistema de aquecimento de água, maior é o gasto de energia elétrica e, não é isso que se deseja para as edificações.

Para suprir a demanda de água quente em uma residência em sua totalidade ou em grande parte, o RTQ-R prioriza a utilização de sistemas de aquecimento solar e a gás, além de bombas de calor de alta performance. Dos quais, desde que sejam instalados e dimensionados corretamente, podem contribuir para que as edificações alcancem a máxima eficiência energética pelo PBE. Diante disso, visando melhorar a eficiência desse sistema na edificação estudada, recomenda-se instalar algum desses dispositivos. (ELETROBRAS, 2014, pg. 115)

O RTQ-R define que, para a máxima pontuação para essa categoria, os aquecedores de água devem ser instalados de modo a garantir classificação A de eficiência. Dessa maneira, não cabe ao escopo desta pesquisa determinar qual deles é mais viável, apenas é necessário preencher a planilha de auxílio considerando a instalação desses equipamentos conforme a pontuação desejada. No caso da edificação estudada, espera-se alcançar a máxima pontuação, então optou-se em instalar um aquecedor a gás, com etiqueta nível A de energia e seguindo os padrões estabelecidos pelo RTQ-R.

Portanto, a pontuação obtida se uma reforma incluir a instalação de aquecimento a gás, seguindo os requisitos determinados pelo RTQ-R, é de 5 pontos, o que equivale a classificação A para esse sistema.

4.3.3 Bonificações

Tratando-se de uma edificação existente, e buscando otimizar os sistemas instalados, sem alterar muito a estrutura da residência, a primeira proposta para aumentar o somatório das bonificações é substituir o ar condicionado existente por um que possui o Selo Procel. Assim, a pontuação de 0,2 destinada ao condicionamento artificial de ar é acrescentada aos 0,3 já conferidos.

A segunda proposta, é substituir as lâmpadas que ainda não possuem eficiência superior a 75 lm/W pelas que contém pois, com isto a bonificação de iluminação artificial é atribuída ao total de bonificações, somando mais 0,1 pontos.

Outra sugestão, também relacionada aos equipamentos instalados, é trocar o refrigerador por um que possui etiqueta com nível A de eficiência, e instala-lo segundo as recomendações do RTQ-R. Que exige ser abrigado em locais sombreados, distantes de fontes de calor, e com afastamento de 10 cm nas laterais e de 15 cm em cima e no fundo. Com isso, consegue-se mais 0,10 pontos ao total de bonificações.

Além disso, também se recomenda a instalação de ventiladores de teto com Selo Procel em pelo menos 2/3 dos ambientes de permanência prolongada, visto que essa solução é financeiramente mais econômica e, confere mais 0,1 pontos à somatória das bonificações.

4.3.4 Classificação da UH Após as Propostas de Melhorias

Após as propostas de melhorias apresentadas anteriormente, e de preencher a planilha de auxílio levando-as em consideração, percebe-se nas Figuras 15 e 16 que a eficiência energética final da edificação passou de nível D para nível B. Além disso, com exceção da envoltória para inverno que permaneceu com nível C de eficiência, os demais sistemas apresentaram uma boa melhoria em seus índices, dos quais influenciaram o resultado final da UH.

Figura 16 – Pontuação parcial por sistema após melhorias.

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	C 2.67
	Envoltória para Inverno	C 3.00
	Aquecimento de Água	A 5.00
	Equivalente numérico da envoltória	C 2.79
	Envoltória se refrigerada artificialmente	B 3.64
	Bonificações	0.80
	Região	Sul
	Coefficiente a	0.65

Fonte: autoria própria, 2021

Figura 17 – Comparativo da Classificação final da UH.

ATUAL SITUAÇÃO	Classificação final da UH	D
	Pontuação Total	1.77
APÓS PROPOSTAS DE MELHORIAS	Classificação final da UH	B
	Pontuação Total	4.36

Fonte: autoria própria, 2021

Se comparar a pontuação total da residência com os dados apresentados na Tabela 2, observa-se que a faixa de valores da classificação nível B vai de 3,5 a 4,5 e o resultado obtido, após as melhorias, falta pouco para atingir os 4,5. Logo, subentende-se que seja fácil acrescentar mais uma sugestão de melhoria para se alcançar a máxima classificação.

Portanto, observa-se que apesar da orientação da edificação estudada não ser a mais recomendada por estudiosos da área de conforto ambiental, com simples escolhas e cuidados adotados durante a fase de projeto e/ou reformas, consegue-se facilmente alterar o nível de eficiência energética de uma edificação. À vista disso, reduz-se o gasto de energia elétrica e melhora-se a qualidade do ambiente construído.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa tinha como objetivo avaliar o nível de eficiência energética de uma edificação, por meio de um estudo de caso seguindo os parâmetros estabelecidos pelo PBE Edifica. Optou-se em escolher para a análise uma edificação unifamiliar já existente no município de Toledo/PR, na qual passou por várias reformas ao longo deles sem um profissional capacitado.

A residência foi avaliada de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), promulgado pelo PBE Edifica. O qual investiga o desempenho termo energético para os sistemas de envoltória, aquecimento de água e bonificações. A envoltória é todo o envelope da edificação que separa os meios internos dos externos, o aquecimento de água são todos os dispositivos utilizados para aquecer a água, e as bonificações são todas as estratégias adotadas em uma edificação, que podem melhorar o seu gasto de energia.

A avaliação do nível de eficiência energética aconteceu em dois momentos, ambos através do projeto arquitetônico executivo da residência estudada e de visitas in loco. Primeiro verificou-se a atual situação da edificação, na qual, observou-se alguns problemas relacionados aos sistemas supracitados. Alguns pré-requisitos dos ambientes de permanência prolongada e, da própria unidade habitacional, da envoltória não estavam em conformidade com o RTQ-R. Além disso, a residência não apresenta uma boa locação/orientação, não contém dispositivos de aquecimento de água instalados, e possui poucas bonificações. Portanto, isso justifica o nível D de eficiência energética encontrado para a atual circunstância.

Visando melhorar esse índice, após a primeira análise, sugeriu-se algumas alterações para esses sistemas da edificação estudada. Em seguida, foi reavaliada a fim de verificar as mudanças no nível de eficiência que podem resultar delas. Propôs-se melhorias de modo a não modificar muito a estrutura da residência, de ser viável econômico, e de modo a respeitar os padrões determinados pelo RTQ-R. Por fim, notou-se que o nível de eficiência energética passou de D para B, o que já é um bom resultado.

Portanto, observa-se que apesar da orientação da edificação estudada não ser a mais recomendada por estudiosos da área de conforto ambiental, e das escolhas feitas nas reformas não resultarem em bons índices de desempenho energético, com simples alterações e cuidados adotados durante a fase de projeto e/ou reformas, consegue-se facilmente reverter essa situação e elevar o nível de eficiência energética de uma edificação. Desse modo, reduz-se o gasto de energia elétrica e melhora-se a qualidade do ambiente construído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3:

Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e minigeração distribuída:** sistema de compensação de energia elétrica. 2. ed. Brasília, 2016.

BORGES, Carolina Pereira. **Eficiência energética em edificações: estudo de caso do Aquartelamento da Comissão Regional de Obras do Estado de São Paulo.** 2020. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Informativo gestão do setor elétrico.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/informativo-gestao-setor-eletrico/documentos/3o-quadr-2020-texto-informativo-gestao-do-setor-eletrico.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2021.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Energia nas construções:** uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. Brasília: CBIC, 2017.

CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações públicas. Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual-A.pdf> >. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

CONHECENDO Toledo: nosso lugar, nosso município. Toledo: Secretaria Municipal de Educação, 2019.

CREA-MG. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Minas Gerais. **Sustentabilidade e eficiência energética no ambiente construído.** Belo Horizonte: CREA, 2009. 52 p. Disponível em: <http://www.crea-mg.org.br/images/cartilhas/Sustentabilidade-e-Eficiencia-Energetica-no-Ambiente-Construido.pdf>. Acesso em: 7 maio 2020.

CRISPIM, Isadora Maria Melo. **Sustentabilidade Ambiental: com foco na eficiência energética.** 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016.

ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-R.** Rio de Janeiro, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da eficiência energética:** relatório de indicadores. 2019. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf). Acesso em: 01 abr. 2020.

_____. Atlas da Eficiência Energética no Brasil 2020 – Relatório de Indicadores. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2020>. Acessado em julho de 2021. EPE, 2020b.

FERRADOR FILHO, Antonio Luiz. **Eficiência energética em edificações**: estudo de caso Tribunal de Justiça de São Paulo. 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2017.

GOMES, Anderson Ferreira. **Eficiência energética em edificações públicas do poder federal**: oportunidades e desafios no contexto do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica). 2017. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MEDEIROS, Israel *et al.* **Entenda a crise hídrica que ameaça o fornecimento de energia no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/06/4931467-entenda-a-crise-hidrica-que-ameaca-o-fornecimento-de-energia.html>. Acesso em: 16 ago. 2021.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios: volume 1. Brasília: MMA, 2015. 70 p.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Política de eficiência energética no Brasil**. 2015. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema16/2015_21113_politica-de-eficiencia-energetica-no-brasil_rodrigo-limp. Acesso em: 22 abr. 2020.

PALLADINI, Gustavo Daou. **Análise do investimento necessário para o alcance da máxima classificação de eficiência energética de um edifício**. 2016. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

PRADO, Clarice Gavazza dos Santos. **Eficiência energética em edificações públicas: aplicação em projeto padrão de fóruns do poder judiciário alagoano**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

Prefeitura Municipal de Toledo (org.). **Conhecendo Toledo**: nosso lugar, nosso município. 2019. Disponível em: https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/livro_conhecendo_toledo_-_2020_compressed.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

VIANNA, Raphaella Moll. **Uma Análise da Importância da Eficiência Energética no Setor Elétrico Brasileiro**. 2014. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

APÊNDICE A - CÁLCULOS COMPLEMENTARES PARA AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

SALA/COZINHA					
Área		37.76 m²			
Ambiente	Sala	14.75 m ²			
	Cozinha	23.01 m ²			
Transmitância Térmica - U (W/m².K) - COBERTURA					
Ambiente	Área ponderada (m ²)	U (W/m ² .K)	U ponderado	U final	
Sala	0.39	1.94	0.76	0.92	
Cozinha	0.61	1.76	1.07		
Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K) - COBERTURA					
Ambiente	Área ponderada (m ²)	CT (kJ/m ² .K)	CT ponderado	CT final	
Sala	0.39	37.00	14.45	12.10	
Cozinha	0.61	16.00	9.75		
Fvent					
Ambiente	Aberturas (m ²)	% Ventilação natural (m ²)	Fvent	Fvent ponderado	
Sala	2.1	1.96	0.93	0.56	
	1.28	0.6	0.47		
Cozinha	2.21	0.99	0.45		
	7.56	3.67	0.49		
	1.98	1.22	0.62		
Verificação de CTbaixa/alta					
CT	109.84	nem CTbaixa e nem Ctalta			
Pé direito		3.04 m			
Ambiente	Sala	3.00 m			
	Cozinha	3.07 m			
Área de Parede Interna (m²)					
Fachada	Comprimento linear (m)	Altura parede (m)	Parede Interna (m ²)	Aberturas (m ²)	Total Parede Interna (m²)
NORTE	3.84	3.00	11.52	1.47	43.84
	3.45	3.07	10.59	1.68	
SUL	1.01	3.00	3.03	1.68	
	2.75	3.07	8.44	0.00	
LESTE	3.84	3.00	11.52	1.47	
	2.12	3.07	6.51	1.47	
OESTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
Área de Parede Externa (m²)					
Fachada	Comprimento linear (m)	Altura parede (m)	Parede Interna (m ²)	Aberturas (m ²)	Total Parede Externa (m²)
NORTE	1.50	3.07	4.61	1.77	48.05
	0.00	0.00	0.00	0.00	
SUL	2.83	3.00	8.49	0.00	
	2.08	3.07	6.39	0.00	
LESTE	3.99	3.07	12.25	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
OESTE	3.84	3.00	11.52	3.02	
	6.11	3.07	18.76	9.17	

SUÍTE/BANHEIRO					
Área		13.95 m²			
Ambiente	Suíte	8.91 m ²			
	I.S.	5.04 m ²			
Transmitância Térmica - U (W/m².K) - COBERTURA					
Ambiente	Área ponderada (m ²)	U (W/m ² .K)	U ponderado	U final	
Suíte	0.64	1.75	1.12	0.97	
I.S.	0.36	2.29	0.83		
Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K) - COBERTURA					
Ambiente	Área ponderada (m ²)	CT (kJ/m ² .K)	CT ponderado	CT final	
Suíte	0.64	21.00	13.41	30.55	
I.S.	0.36	132.00	47.69		
Fvent					
Ambiente	Aberturas (m ²)	% Ventilação natural (m ²)	Fvent	Fvent ponderado	
Suíte	0.44	0.40	0.91	0.71	
I.S.	0.32	0.14	0.44		
Verificação de CTbaixa/alta					
CT	125.74	nem CTbaixa e nem Ctalta			
Pé direito		3.07 m			
Ambiente	Sala	3.07 m			
	Cozinha	3.07 m			
Área de Parede Interna (m²)					
Fachada	Comprimento linear (m)	Altura parede (m)	Parede Interna (m ²)	Aberturas (m ²)	Total Parede Interna (m²)
NORTE	2.32	3.07	7.12	0.00	30.85
	0.00	0.00	0.00	0.00	
SUL	2.32	3.07	7.12	0.00	
	0.35	3.07	1.07	0.00	
LESTE	2.34	3.07	7.18	1.97	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
OESTE	3.84	3.07	11.79	1.47	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
Área de Parede Externa (m²)					
Fachada	Comprimento linear (m)	Altura parede (m)	Parede Interna (m ²)	Aberturas (m ²)	Total Parede Externa (m²)
NORTE	1.73	3.07	5.31	0.26	23.90
	0.00	0.00	0.00	0.00	
SUL	1.38	3.07	4.24	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	
LESTE	3.39	3.07	10.41	0.00	
	1.50	3.07	4.61	0.40	
OESTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	

ANEXO A – PLANILHA DE ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	
	Área útil do APP	m ²	
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	
	Contato com solo	adimensional	
	Sobre Pilotis	adimensional	
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	
	CTcob	kJ/m ² .K	
	αcob	adimensional	
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	
	CTpar	kJ/m ² .K	
	qpar	adimensional	
Característica construtiva	CTbaixa	binário	
	CTalta	binário	
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	
	SUL	m ²	
	LESTE	m ²	
Áreas de Aberturas Externas	OESTE	m ²	
	NORTE	m ²	
	SUL	m ²	
Características das Aberturas	LESTE	m ²	
	OESTE	m ²	
	Fvent	adimensional	
Características Gerais	Somb	adimensional	
	Área das Paredes Internas	m ²	
	Pé Direito	m	
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	C altura	adimensional	
	isol	binário	
	vid	binário	
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	Uvid	W/m ² .K	
Consumo Relativo para Aquecimento	GHR	°C.h	
Consumo Relativo para Refrigeração	CA	kWh/m ² .ano	
	CR	kWh/m ² .ano	

Pré-requisitos por ambiente				
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas		
		Upar, CTpar e qpar atendem?	Não	
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?		Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório? Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)		
		Al/Auamb (%)		
		Atende 12,5%?		
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação		
		Av/Auamb (%)		
		Atende % mínima?		
		Tipo de abertura		
		Abertura passível de fechamento?		
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?		
	Atende?		Não	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente		
	Envoltória para Verão		
	Envoltória para Inverno		
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente		
A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"			

ANEXO B – PLANILHA DE ANÁLISE DOS PESOS DAS VARIÁVEIS SOBRE A PONTUAÇÃO FINAL DA ENVOLTÓRIA

Célula explicativa	Variáveis	Variação (t)		Porcentagens 0			
		Recomendada	Avaliada	Graus-hora para Resfriamento (GHR)		Consumo para Aquecimento (CA)	
				Varição aumentando a variável	Varição diminuindo a variável	Varição aumentando a variável	Varição diminuindo a variável
				B	A	B	B
Ambiente	AUamb	3.00	3.00	939	734	6.615	7.349
Cobertura	Ucob	0.50	0.50				
	CTcob	50.00	50.00				
	acob	0.10	0.10				
Paredes Externas	Upair	0.50	0.50				
	CTpair	50.00	50.00				
	opair	0.10	0.10				
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	APambN	2.00	2.00				
	APambS	2.00	2.00				
	APambL	2.00	2.00				
	APambO	2.00	2.00				
Áreas de Aberturas Externas	AAbn	0.50	0.50				
	AAbs	0.50	0.50				
	AAbl	0.50	0.50				
	AABo	0.50	0.50				
Características das Aberturas	Fvent	0.25	0.25				
	Somb	0.10	0.10				
Características Gerais	AparInt	5.00	5.00				
	PD	0.20	0.20				
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	Uvid	0.50	0.50				
Valor sem variar	-	-	-				

ANEXO C – PLANILHA DE ANÁLISE DOS PRÉ REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		
	Medição individual de energia?		
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	
		Área Aberturas orientação Sul	
		Área Aberturas orientação Leste	
		Área Aberturas orientação Oeste	
		A2/A1	
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	
		Nº Banheiros com ventilação natural	
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?			

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão		
	Envoltória para Inverno		
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente		

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH

ANEXO D – PLANILHA DE ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	0
		AATVS (m ²)	0
		AATVL (m ²)	0
		AATVO (m ²)	0
		ATFN (m ²)	
		ATFS (m ²)	
		ATFL (m ²)	
		ATFNO (m ²)	
		Pavimento da UH	
		Porosidade a Atender	20.0%
		Porosidade Norte	0.0%
		Porosidade Sul	0.0%
		Porosidade Leste	0.0%
	Porosidade Oeste	0.0%	
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?		
	Bonificação	0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?		
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	
		Bonificação	0
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	
		Bonificação	0
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	
		Bonificação	0
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	
Bonificação		0	
Total de bonificações			0

ANEXO E – PLANILHA DE ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	
	O sistema apresenta aquecimento solar?	
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W?	
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	
	Conductividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	
A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:		
Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	
	Demanda	
	Classificação	
Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	
	Demanda	
Classificação		
Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (W/W)	
	Demanda	
Classificação		
Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
Classificação		
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
Classificação		
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
Classificação		
Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	
	Demanda	
Classificação		
Nota final para o aquecimento de água		

ANEXO F - PLANILHA DE ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	
	Envoltória para Inverno	
	Aquecimento de Água	E 0.00
	Equivalente numérico da envoltória	
	Envoltória se refrigerada artificialmente	
	Bonificações	0.00
	Região	Sul
	Coeficiente a	0.65

Classificação final da UH	
Pontuação Total	

ANEXO G – ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suite + I.S.	Sala + Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Dormitório 3
	Área útil do APP	m²	13.95	37.76	8.59	6.27	6.29
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m².K	0.97	0.92	1.75	1.75	1.75
	CTcob	kJ/m².K	30.55	12.10	21.00	21.00	21.00
	acob	adimensional	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Paredes Externas	Upar	W/m².K	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46
	CTpar	kJ/m².K	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
	opar	adimensional	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	1	1	1
	CTalta	binário	0	0	0	0	0
	NORTE	m²	5.31	4.61	0.00	0.00	0.00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m²	4.24	14.88	0.00	0.00	0.00
	LESTE	m²	15.02	12.25	8.01	0.00	0.00
	OESTE	m²	0.00	30.28	0.00	7.55	7.58
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	0.26	2.21	0.00	0.00	0.00
	SUL	m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LESTE	m²	0.40	0.00	1.52	0.00	0.00
Características das Aberturas	OESTE	m²	0.00	12.92	0.00	1.32	1.32
	Event	adimensional	0.71	0.56	0.70	0.70	0.70
	Somb	adimensional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m²	30.85	43.84	24.26	21.49	21.52
	Pé Direito	m	3.07	3.04	3.07	3.07	3.07
	C altura	adimensional	0.220	0.081	0.357	0.490	0.488
Características de Isolamento Térmico para ZB1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0	0
	Uvid	W/m².K	0	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	3292	4472	3845	3978	3975
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m² ano	C	C	B	B	B
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m² ano	13.224	14.486	12.590	10.823	10.846
			C	Não se aplica 0.000	C	D	D
			12.450	0.000	14.394	18.868	18.817

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	150	150	150	150	150
		Upar, CTpar e opar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e acob atendem?	Sim	Sim	Não	Não	Não
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório? Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	Sim Não	Não Não	Sim Não	Sim Não
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m²]	0.66	13.96	0.92	0.92	0.92
		Ai/Auamb (%)	4.73	36.97	10.71	14.67	14.63
		Atende 12.5%?	não	sim	não	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0.54	8.64	0.53	0.53	0.53
		Ai/Auamb (%)	3.87	22.88	6.17	8.45	8.43
		Atende % mínima?	Não	Sim	Não	Sim	Sim
		Tipo de abertura	de correr e maxim-ar	Janelas: de correr e maxim-ar; Portas: de correr e pivotante	Janelas: de correr, 2 folhas	Janelas: de correr, 2 folhas	Janelas: de correr, 2 folhas
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente						
	Envoltória para Verão	E	E	E	E	E	E
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Envoltória para Inverno	C	C	C	C	C	C
		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	Não se aplica	C	D	D	
	2.64	3.00	0.00	3.00	2.00	2.00	

ANEXO H – ANÁLISE DOS PRÉ REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0.32
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	2.12
		Área Aberturas orientação Oeste	15.56
		A2/A1	0.156812339
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Não
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	E	1.00
Envoltória para Inverno	C	3.00	3.00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	2.64	2.64

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		D	1.72

ANEXO I – ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0.32
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	2.12
		AATVO (m²)	15.56
		ATFN (m²)	22.84
		ATFS (m²)	22.95
		ATFL (m²)	40.25
		ATFNO (m²)	45.14
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20.0%
		Porosidade Norte	1.4%
		Porosidade Sul	0.0%
		Porosidade Leste	5.3%
		Porosidade Oeste	34.5%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	0
Bonificação		0	
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não	
	Bonificação	0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?		
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	Sim
		Bonificação	0.2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
Bonificação		0.1	
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
		Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)
	Bonificação		0
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Não
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
Bonificação		0	
Total de bonificações			0.3

ANEXO J – ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Não
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Não
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W?	
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Não
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	E
Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	
	Demanda	
	Classificação	
Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	
	Demanda	
Classificação		
Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (W/W)	
	Demanda	
	Classificação	
Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potência Máxima do Equipamento (W)	7500
	Demanda	100
	Classificação	E
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potência Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	Classificação	
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
Classificação		
Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	Não
	Demanda	
	Classificação	
Nota final para o aquecimento de água		E
		1,00

ANEXO K - CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO

Pontuação Total	Identificação	Residência Unifamiliar
	Envoltória para Verão	E
		1.00
	Envoltória para Inverno	C
		3.00
	Aquecimento de Água	E
		1.00
	Equivalente numérico da envoltória	D
		1.72
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
	2.64	
Bonificações	0.30	
Região	Sul	
Coefficiente a	0.65	

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1.77

ANEXO L – ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA E DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES APÓS MELHORIAS

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Sala/Cozinha	Suíte/I.S.	Dormitório 1	Dormitório 2	Dormitório 3
	Área útil do APP	m ²	37,76	13,95	8,59	6,27	6,29
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,92	0,97	1,75	1,75	1,75
	CTcob	kJ/m ² .K	12,10	30,55	21,00	21,00	21,00
	ocob	adimensional	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	opar	adimensional	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	1	1	1
	CTalta	binário	0	0	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	4,61	5,31	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	14,88	4,24	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	12,25	15,02	8,01	0,00	0,00
	OESTE	m ²	30,28	0,00	0,00	7,55	7,58
	NORTE	m ²	2,21	0,26	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	2,45	1,54	0,00	0,00
	OESTE	m ²	12,92	0,00	0,00	1,32	1,32
	Fvent	adimensional	0,56	0,71	0,70	0,70	0,70
Características das Aberturas	Somb	adimensional	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00
	Área das Paredes Internas	m ²	43,54	30,85	24,26	21,49	21,52
	Pá Direito	m	3,04	3,07	3,07	3,07	3,07
Características Gerais	C. altura	adimensional	0,081	0,220	0,357	0,490	0,488
	Isol	binário	0	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0	0
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0	0
	GHR	°C.h	D	B	C	C	C
Indicador de Graus-hora para Resfriamento			2845	1327	1753	1920	1916
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	C	C	C	C	C
			16.614	15.375	14.739	12.973	12.996
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	B	B	C	C
			0.000	9.315	10.461	15.102	15.048

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	150	150	150	150	150
		Upar, CTpar e opar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e ocob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AJamb sem contar a área deste corredor?					
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	2,28	13,96	1,4	0,92	0,92
		Ai/Auamb (%)	6,04	100,07	16,30	14,67	14,63
		Atende 12,5%?	não	sim	sim	sim	sim
		Área de abertura para ventilação	1,14	8,64	0,7	0,53	0,53
	Ventilação Natural	Ai/Auamb (%)	3,02	61,94	8,15	8,45	8,43
		Atende % mínima?	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura					
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Atende?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente						
	Envoltória para Verão	C	D	B	C	C	C
		2,67	2,00	4,00	3,00	3,00	3,00
	Envoltória para Inverno	C	C	C	C	C	C
3,00		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	B	Não se aplica	B	B	C	C	
	3,64	0,00	4,00	4,00	3,00	3,00	

ANEXO M – ANÁLISE DOS PRÉ REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA E EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA APÓS MELHORIAS

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0.32
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	4.35
		Área Aberturas orientação Oeste	15.56
		A2/A1	0.300128535
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	C 2.67
Envoltória para Inverno	C 3.00	C 3.00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	B 3.64	B 3.64	

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		C 2.79	C 2.79

ANEXO N – ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES APÓS MELHORIAS

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0.32
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	4.35
		AATVO (m²)	15.56
		ATFN (m²)	22.84
		ATFS (m²)	22.95
		ATFL (m²)	40.25
		ATFNO (m²)	45.14
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20.0%
		Porosidade Norte	1.4%
		Porosidade Sul	0.0%
		Porosidade Leste	10.8%
		Porosidade Oeste	34.5%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	0
		Bonificação	0
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não	
	Bonificação	0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?		
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$?	Sim
		Bonificação	0.2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
Bonificação		0.1	
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0.2
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0.1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
		Bonificação	0.1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0.1
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
Bonificação		0	
Total de bonificações			0.8

ANEXO O – ANÁLISE DO AQUECIMENTO DE ÁGUA APÓS MELHORIAS

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Não
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W?	
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Sim
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	
Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	
	Demanda	
Classificação		
Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	Sim
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	Sim
	Demanda	
Classificação	A	
Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (W/W)	
	Demanda	
	Classificação	
Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
Classificação		
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
Classificação		
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
Classificação		
Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	
	Demanda	
	Classificação	
Nota final para o aquecimento de água		A 5,00

ANEXO P - CLASSIFICAÇÃO FINAL DA EDIFICAÇÃO APÓS MELHORIAS

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	C 2.67
	Envoltória para Inverno	C 3.00
	Aquecimento de Água	A 5.00
	Equivalente numérico da envoltória	C 2.79
	Envoltória se refrigerada artificialmente	B 3.64
	Bonificações	0.80
	Região	Sul
	Coefficiente a	0.65

Classificação final da UH	B
Pontuação Total	4.36

ANEXO Q – PROJETO ARQUITETÔNICO EXECUTIVO

PLANTA BAIXA
ESCALA 1:50

Implantação – ESCALA 1:200

ELEVAÇÃO FRONTAL-R, TOMAZ EDISON
ESCALA 1:50

SITUAÇÃO – SEM ESCALA

CORTE A/A
ESCALA 1:50

CORTE B/B
ESCALA 1:50

COBERTURA
ESCALA 1:100

QUADRO DE ESQUADRIAS					
COD.	DIMENÇÕES	FEITORIA	SISTEMA	QUANT.	MATERIAL
P1	360x210	-	BRANCO	01	USO TORÇÃO
P2	100x210	-	PRETO	01	USO TORÇÃO
P3	70x210	-	AMARELO	02	USO TORÇÃO
P4	70x210	-	BRANCO	04	USO TORÇÃO
P5	60x210	-	BRANCO	01	USO TORÇÃO
J1	100x110	100	BRANCO	03	USO TORÇÃO
J2	100x110	50	BRANCO	02	USO TORÇÃO
J3	100x110	100	BRANCO	01	USO TORÇÃO
J4	60x110	100	BRANCO	01	USO TORÇÃO
J5	80x110	170	BRANCO	01	USO TORÇÃO
J6	100x110	100	BRANCO	01	USO TORÇÃO
J7	100x110	60	BRANCO	01	USO TORÇÃO

<p>Arquitetônico</p> <p>Projeto: Regularização e Ampliação de Habitação Multifamiliar em Alvenaria</p> <p>Local: Rua Ver. Francisco Galdino de Lima esquina com Rua Tomaz Edison Q-09 L-01, Conj. Residencial da Colapau, Toledo/PR.</p>		<p>Única</p>
<p>PROJETO ARQUITETÔNICO</p> <p>ESCALA: 1:50</p>		
<p>ÁREA DE PROJETO</p> <p>Área construída: 120,00m²</p> <p>Área externa: 41,00m²</p> <p>Área de implantação: 65,00m²</p> <p>Área total: 166,00m²</p> <p>Área útil: 120,00m²</p> <p>Área de implantação: 46,00m²</p> <p>Cob. de impermeabilização: 46,00m²</p> <p>Taxa de impermeabilização: 10,00%</p> <p>Taxa de insolação: 20,00%</p>	<p>LEGENDA</p> <p>- Situação</p> <p>- Implantação</p> <p>- Cortes A/A e B/B</p> <p>- Cobertura</p> <p>- Perspectiva</p> <p>- Elevação Frontal</p>	
<p>DATA: Mai/2021</p> <p>INDICADA</p>		