




## **Análise da eficiência energética de uma residência unifamiliar: Um estudo da classificação conforme o selo Procel**

Guilherme Henrique dos Santos Ramos <sup>1</sup> 

### **Resumo**

As fontes de energias renováveis se tornaram um tema amplamente discutido em âmbito global dada a sua importância nos tempos atuais. O aumento da qualidade de vida e da exigência de conforto no interior das habitações vêm ocasionando um aumento no consumo dos sistemas de iluminação e climatização artificial, propiciando assim um grande desperdício energético derivado de fontes não renováveis, que estão diretamente ligadas aos impactos ambientais. Neste contexto, torna-se essencial destacar a importância do estudo do conforto térmico dos moradores, relacionado com o consumo de recursos energéticos, visando aproveitar ao máximo os recursos naturais como a iluminação solar e os ventos da própria região. O presente artigo apresenta detalhes da edificação em estudo, analisando o que poderia modificar para ser mais eficiente e depender menos do uso dos recursos naturais. Desta forma, de acordo com a classificação do selo Procel, a edificação teve nota "B", com um total de 4,21 pontos totais.

**Palavras-Chaves:** Eficiência energética, Energias renováveis, Iluminação solar, Ventos.

### **Abstract**

Renewable energy sources have become a widely discussed topic on a global scale due to their importance today. The increase in the quality of life and the demand for comfort inside homes have caused an increase in the consumption of lighting systems and artificial air conditioning, thus leading to a large amount of energy waste derived from non-renewable sources, which are directly linked to environmental impacts. In this context, it is essential to highlight the importance of studying the thermal comfort of the residents, related to the consumption of energy resources, in order to make the most of natural resources such as solar lighting and the winds of the region itself. This paper presents details of the building under study, analyzing what could be modified to be more efficient and less dependent on the use of natural resources. Thus, according to the classification of the Procel seal, the building received a "B" grade, with a total of 4.21 total points.

**Keywords:** Energy efficiency, Renewable energy, Solar lighting, Wind.

**Cite as: (APA)** Ramos G. H. S. (2022). Análise da eficiência energética de uma residência unifamiliar: Um estudo da classificação conforme o selo Procel. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, 9(1), 14-31.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU. Brasil. E-mail: guilhermeramos.eng@gmail.com

## 1 Introdução

Com a melhoria nas condições de vida populacional de um país, pode-se observar que influencia diretamente no consumo energético da população. Pessoas que possuem uma maior renda tendem a consumir mais energia, seja em suas residências ou no trabalho. Atualmente, várias fontes de geração utilizam recursos não renováveis da natureza, como o petróleo. Neste caso, a cada novo dia se faz necessário fortalecer o conceito de sustentabilidade e suficiência energética, tendo em vista a criação de novas formas de diminuir o consumo de recursos naturais. Sachs (2007) afirma que a energia que tem menor custo e índice de poluição é aquela que deixa de ser produzida.

Com a crescente demanda de energia no mundo, tem-se um grande desafio, que é gerar mais energia, emitindo menos gases de efeito estufa (Aguilar et al., 2012; Santos, 2015). O Planejamento de Recursos Integrados (PRI) é incluído nesse contexto como forma de diminuir os custos, impactos ambientais e sociais, possibilitando um planejamento a curto ou a longo prazo, observando as dimensões sociais, políticas, técnico-econômicas e ambientais (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2011).

Com um Planejamento de Recursos Integrados bem estruturado, desenvolvido e avaliado, é realizada uma análise da real necessidade da implantação de um projeto energético, possibilitando a minimização dos impactos sociais e buscando o desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste artigo foi demonstrar o quão é importante construir ou adaptar as edificações existentes visando a qualificação do selo Procel, visto que além de ter um imóvel mais eficiente, que irá contribuir com as reduções de custos com energia artificial para o proprietário, também irá ajudar extremamente a reduzir os impactos ambientais causados pelo uso excessivo dos recursos naturais.

Faz-se necessário buscar meios de tornar os edifícios energeticamente mais eficientes, tendo como foco a solução dos problemas que surgem a respeito do desperdício de energia. É muito importante aproveitar-se os recursos naturais inesgotáveis, como a iluminação solar, ventilação, entre outros, buscando ter uma grande redução na emissão de gases poluentes, que são um dos causadores dos impactos ambientais. Com isso, a eficiência energética das edificações se torna uma das alternativas para a solução dos problemas.

Um dos pontos em que se tem base para saber o quão sua edificação é energeticamente eficiente, é através da avaliação da edificação pela planilha de cálculo do desempenho da UH. As plantas do pavimento térreo e superior da residência unifamiliar em estudo se encontram anexas no fim deste artigo. Serão feitas todas as análises em busca de adequações ao projeto em construção que se situa no zoneamento bioclimático 1, na região sul do Brasil.

## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Selo Procel Edifica

O selo foi concedido pela Eletrobrás em 2003 com função de fazer a promoção do uso racional do consumo de energia elétrica em todas as suas etapas e conservar e usar de forma eficiente os recursos naturais (água, ventilação, luz, etc.) para reduzir desperdícios e também os impactos ambientais. Sendo assim, a Eletrobrás faz a identificação das edificações para analisar quais possuem melhores classificações quando se trata de eficiência energética conforme sua categoria, motivando cada vez mais o usuário a utilizar imóveis que sejam mais eficientes. Não se trata apenas de obras que irão ser construídas (da etapa de projeto até sua finalização), mas de obras já existentes, que são passíveis a modificações para atender melhor aos requisitos de eficiência.

O selo Procel possui alguns critérios para sua obtenção, sendo o primeiro conseguir a etiqueta PBE Edifica de classe A, que é referente ao sistema de envoltória, sistema de condicionamento de ar e sistema de iluminação. Com a etiquetagem de edificações, é possível ter a percepção do nível de eficiência tanto na fase de projeto ou já construída. O seu uso ajuda cada vez mais no crescimento econômico do país. A etiquetagem PBE Edifica é ligada ao Programa Brasileiro de Etiquetagem, que

tem como órgão executor o Inmetro e coordenado pela Eletrobrás. As edificações podem ser classificadas em mais eficiente (A) e menos eficiente (E), sendo as etiquetas emitidas pelos OIAs – Organismos de Inspeção Acreditado pelo Inmetro.

Conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem – Procel Edifica (PBE Edifica), o consumo de energia elétrica em edificações é cerca de 45% do total faturado no país, sendo que tem estimativas de redução para 50% em novas edificações e 30% para aquelas passíveis de reformas. Para os consumidores, quando tem a etiquetagem, torna-se um grande diferencial para a sua decisão na aquisição de um imóvel, visto que possibilita fazer o comparativo entre eles.

## 2.2 Variáveis Arquitetônicas

Segundo Lima (2007), a arquitetura tem como função oferecer condições térmicas compatíveis com o conforto térmico humano no interior dos edifícios, independente das condições climáticas externas, e um de seus objetivos é possibilitar ao homem um habitat seguro, no qual ele possa se proteger das ameaças climáticas do meio em que vive, criando abrigos cada vez mais adequados às suas necessidades. Um projeto consciente deve buscar aproveitar de diversas formas os recursos naturais. Assim, consegue-se garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas, quais sejam: urbana, arquitetônica, construtiva e imediata (Lamberts et al, 2004).

O conforto térmico se refere às formas adotadas com o intuito de satisfazer as vontades das pessoas, sendo essencial ter um equilíbrio e análises para melhor aproveitamento e reduzir os desperdícios com iluminação, refrigeração etc. Uma edificação com excesso de frio ou calor pode trazer sensações desagradáveis. Para se ter um bom conforto térmico, deve-se levar em consideração as variáveis arquitetônicas como aberturas, do clima, a radiação solar e os ventos. Através das aberturas nas edificações é possível ter a entrada dos raios solares e dos ventos.

O ano possui 4 estações: outono, primavera, inverno e verão. As regiões que têm maior presença da radiação solar estão situadas nos trópicos de câncer, no hemisfério norte. e trópico de capricórnio, no hemisfério sul. Torna-se essencial, através do estudo solar, analisar as diversas estações do ano para se desenvolver projetos a fim de que no verão a edificação possa permanecer com temperaturas agradáveis e no inverno tenha penetração dos raios solares para aquecê-la. Para isso, deve-se pensar em estratégias bioclimáticas, pois estão diretamente ligadas ao desenvolvimento adequado dos projetos de arquitetura para aproveitamento máximo da eficiência energética e, mediante aos dados climáticos do local, proporcionar conforto para o usuário.

A iluminação natural é outro assunto que influencia significativamente na edificação, principalmente por abranger todo o aproveitamento dos elementos internos e externos. É necessário que se realize estudos no começo do projeto arquitetônico de uma edificação quanto ao clima da região local, quantidade de luz solar recebida durante o dia, a posição do sol durante os meses do ano, o estudo de uma carta solar da região (pois através dela se torna possível avaliar a penetração solar), sombras projetadas pelo entorno e, assim, fazer a melhor distribuição dos cômodos.

As edificações possuem diversas aberturas e sua função é proporcionar aos ocupantes uma sensação de contato com o mundo externo, deixando que a luz do sol adentre no interior de uma edificação. A iluminação lateral é a mais utilizada nas edificações. Uma boa iluminação lateral se atribui a um correto posicionamento e localização das janelas em relação ao interior e às atribuições que cada tipo de fechamento tem, ponderados os pontos de vista luminotécnico. Pois as áreas mais próximas às janelas recebem bem a luz solar, enquanto alguns metros para o interior do ambiente podem se mostrar com um grau de iluminância bem inferior.

As aberturas em ambientes podem ser divididas em quatro grandes grupos com relação a suas funções: visualização do ambiente externo, ventilação, ganhos térmicos e iluminação natural. Uma grande nova tecnologia que tem se visto no mercado é o uso da janela automatizada, que tem como função melhorar o desempenho térmico da edificação e oferecer conforto para as pessoas. Com o avanço tecnológico, têm surgido diversos outros novos equipamentos que também proporcionam melhorias, e isto gera grandes impactos positivos nas edificações, pois podem reduzir amplamente o

uso de equipamentos artificiais e o consumo de energia elétrica, o qual aumenta a cada ano. Um ponto importante a se destacar é que o uso da iluminação natural realmente traz um efeito significativo na economia de energia para um edifício, e com as novas tecnologias a serem investidas, essa porcentagem de economia só tende a aumentar.

A Iluminação zenital é uma solução para trazer luz natural ao interior de uma edificação por meio de claraboias, *sheds*, lanternins, átrio e domo plástico, acrílico ou de vidro. Zênite é aquela iluminação que vem do céu, então surge como solução para a iluminação de grandes espaços cobertos, onde somente as janelas não eram suficientes para a iluminação interior. A distribuição de luz em um lugar iluminado zenitalmente dependerá do elemento zenital usado no projeto (Didoné, 2009).

A principal característica da iluminação zenital em relação à iluminação lateral é que aquela consegue fazer uma melhor distribuição de luz uniforme no ambiente, isso porque suas aberturas estão uniformemente distribuídas pela área de cobertura e têm suas projeções paralelas ao plano de utilização (Vianna & Gonçalves, 2001). A distribuição da luz no interior de um local com iluminação zenital depende essencialmente de dois fatores: altura entre o plano de trabalho e o elemento zenital e do formato das aberturas zenitais.



**Figura 1:** Abertura Zenital, Claraboia.

**Fonte:** Tudo Construção (2015).

De acordo com os estudos realizados pelos autores (Didoné & Bittencourt, 2008), consegue-se analisar a importância de se ter aberturas nas edificações. Elas são utilizadas principalmente quando a edificação tem cômodos grandes e as aberturas não conseguem ter iluminação natural necessária. Contudo, ao empregar esses elementos, como a claraboia, facilita-se de forma ampla a entrada de iluminação natural e a circulação dos ventos, reduzindo, então, as temperaturas do ambiente e a carga térmica. É necessário colocar janelas em claraboias quando os ambientes não podem receber chuva, como é o caso de cozinhas, quartos, dentre outros. Assim, consegue-se ter reduções nos gastos de energia.

Diversos fatores podem influenciar no consumo de energia no ambiente. Para isso, devem ser feitas análises quanto à densidade de potência de equipamentos, densidade de ocupação, taxa de infiltração, transmitância térmica e capacidade térmica de paredes e coberturas, cor das superfícies externas, transmitância térmica e transmitância à radiação visível dos vidros utilizados. Salas com menores dimensões e profundidade consomem mais energia elétrica que uma com dimensões e profundidade maiores. Conforme Gratia e Herde (2003), chegou-se à conclusão de que dependendo da área das janelas, a forma da edificação, a profundidade e a altura das salas, pode-se elevar muito o consumo de energia em uma edificação.

Os vidros possuem características que influenciam muito nas edificações, como a transmitância, que é a razão entre a porcentagem de luz que atravessa o material e a quantidade que incide sobre este; a refletância, que é a razão entre a luminosidade que é refletida e o que sobre ela incide; e a absorvância, que se é a razão entre o fluxo de radiação que é absorvida por uma superfície e o

incidente sobre ela.

**Tabela 1:** Transmitância, refletância e absorvância dos vidros e policarbonatos translúcidos para faixas espectrais.

TIPO	TRANSMITÂNCIA			REFLETÂNCIA				ABSORVÂNCIA				
	UV	VIS	IV	Total	UV	VIS	IV	Total	UV	VIS	IV	Total
Aramado	41.6	67.2	43.9	56.8	6.8	8.7	9.0	8.8	51.6	24.1	47.1	34.4
Ártico incolor	61.0	82.2	71.0	76.9	6.8	8.6	9.8	9.1	32.2	9.2	19.2	14.0
Boreal	55.4	81.6	61.8	72.5	6.1	8.2	8.9	8.4	38.5	10.2	29.3	19.1
Canelado	58.7	82.9	70.6	77.0	7.5	9.3	8.3	8.9	33.8	7.8	21.1	14.1
Martelado	67.4	86.3	78.4	82.4	6.4	8.4	10.1	9.0	26.2	5.3	11.5	8.6
Miniboreal	54.1	83.2	60.8	73.0	5.4	7.6	9.0	8.1	40.5	9.2	30.2	18.9
Oasis	56.0	82.0	65.0	74.1	6.6	7.5	8.7	8.0	37.4	10.5	26.3	17.9
Rideau	59.3	84.5	73.1	78.9	7.4	8.9	9.8	9.2	33.3	6.6	17.1	11.9
Silezia	53.7	82.6	61.7	73.0	7.0	6.6	8.1	7.2	39.3	10.8	30.2	19.8
Spot	47.2	76.8	53.3	66.2	6.5	8.2	8.9	8.4	46.3	15.0	37.8	25.4
Spotlyte	42.7	74.8	43.8	61.0	5.7	8.0	8.4	8.1	51.6	17.2	47.8	30.9
Teorema	49.1	76.4	47.0	63.4	6.1	8.3	8.6	8.4	44.8	15.3	44.4	28.2
Ártico amarelo	2.3	40.1	47.0	41.7	4.2	5.9	8.4	6.9	93.5	54.0	44.6	51.4
Ártico azul	65.1	58.1	73.0	64.5	5.6	6.2	9.2	7.4	29.3	35.7	17.8	28.1
Ártico roxo	24.2	21.9	83.1	47.1	5.9	5.5	8.1	6.5	69.9	72.6	8.8	46.4
Ártico verde	0.0	36.5	58.0	44.1	4.9	6.1	7.6	6.6	95.1	57.4	34.4	49.3
Incolor 3mm	68.0	87.0	78.0	83.0	9.0	9.0	9.0	9.0	23.0	4.0	13.0	8.0

**Fonte:** Cesar (2018); Roberto (2018); Cattelan (2018) & Sonogo (2018).

Os vidros são materiais transparentes que permitem a iluminação natural interna de um ambiente, estabelecendo assim uma conexão com o ambiente externo. Porém, o vidro, além de seus benefícios, pode trazer problemas econômicos, térmicos e acústicos em uma construção. Os vidros comuns (claros) permitem a passagem de luz e radiação, apenas 20% são refletidos para o ambiente externo, o restante dessa energia então é absorvido pelos móveis e paredes, gerando, assim, calor dentro do ambiente. Este calor gerado ficará retido caso não haja algum meio de ventilação, criando assim um efeito estufa dentro do espaço. Para conseguir solucionar o problema causado pelo vidro comum foram criados os vidros absorventes e os refletivos.

Um dos fatores que influenciam diretamente na temperatura ambiente é o tipo de material e pintura utilizado nas paredes e coberturas. O calor é transmitido por condução, convecção e radiação, sendo esta a mais incidente. Na radiação, verifica-se que ocorrem duas transformações de energia. Em uma dessas, o calor do corpo com maior temperatura se converte em energia radiante que chega até o corpo com menor temperatura, onde é absorvida em proporções que dependerão das propriedades da superfície receptora, sendo novamente transformada em calor.

### 2.3 Aproveitamento da iluminação natural para elevar o nível de eficiência energética de um edifício comercial

O uso da iluminação natural para diminuir os gastos com iluminação artificial, conforme Carlo *et al.* (2004), depende da criação de um equilíbrio entre a iluminação natural e os ganhos térmicos provenientes da radiação solar. A ocupação verticalizada nas áreas urbanas resulta, em alguns casos, na pouca iluminação natural, fazendo com que esse recurso contribua satisfatoriamente para a economia de energia.

Para Santamouris (2001), a construção dos novos edifícios deve permitir o acesso solar, obtendo, assim, ganho de energia e luz natural para os ambientes. O uso dessa estratégia está sujeito à configuração urbana, pelo edifício e seus materiais. E, segundo as pesquisas nacionais sobre o impacto da radiação solar no consumo de energia, tem-se que analisar a área de exposição da fachada, tempo

de sombreamento e fator de visão do céu (Rocha, 2007), propriedades da envoltória, porcentagem de abertura na fachada, orientação e sombreamento de aberturas (Lima, 2007).

A Lei de Eficiência Energética nº10.295 (Brasil, 2001) regulamenta e determina que máquinas e equipamentos nas edificações devem possuir os níveis máximos e mínimos de consumo com base em indicadores técnicos e regulamentação específica. No ano de 2010 foi lançado o RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos), o qual possui os requisitos técnicos, metodologia de avaliação e classificação da eficiência energética dos edifícios.

Segundo Pereira (2014), a ventilação é definida pela troca do ar da parte interna pelo ar externo. A ventilação tem funções que são muito importantes para as edificações, como:

- Eliminar do ambiente impurezas e odores indesejáveis, fornecendo oxigênio e reduzindo a concentração de CO<sub>2</sub>;
- Buscar extrair o excesso de calor acumulado no interior da edificação gerado por fontes internas ou pessoas;
- Resfriar a estrutura do edifício para evitar o aquecimento do ar interno;
- Promover trocas térmicas do corpo humano com o meio ambiente, especialmente nos meses mais quentes do verão;
- Retirar o excesso de vapor d'água existente no ar interno a fim de evitar a condensação superficial.

É essencial ter ventilação nos ambientes construídos, mas as necessidades diferem de acordo com as estações do ano, sendo que no verão estão relacionadas às condições higiênicas e térmicas. Já no inverno, apenas à higiênica. Quando se refere à exigência higiênica, deve ser permanente em todas as épocas do ano. Já a térmica, caracteriza-se quando o clima interior tem temperatura maior que o meio exterior ou quando está relacionada à umidade. As ventilações se dão por meio da ventilação natural, que pode sofrer alterações por diferenças de pressão causadas por fatores como o vento e a diferença de temperatura da localidade onde se encontra, e a ventilação artificial que é gerada por equipamentos como ar-condicionado e ventiladores.

A ventilação natural pode ser com o uso de vegetação. Essa espécie que ajuda a direcionar e mudar a intensidade do vento na edificação, e a utilização de árvores próximas a muros e cercas permite a canalização e até a aceleração da ventilação através dos corredores de vento que chegam até a estrutura. Algumas vezes a velocidade dos ventos é muito forte e pode se chocar com prédios. Assim, quando se está diante dessas situações, é importante utilizar o método natural com emprego vegetação densa e porosa para reduzir a velocidade. Uma vegetação com copas altas pode dar sombreamento para a edificação, ajudando contra o forte sol do verão e contribuindo ainda mais com a passagem do vento na edificação (Lamberts, 2016).

A ventilação natural pode ser por diferença de temperatura. Esse tipo de ventilação tem como base a diferença nas temperaturas do ar interior e exterior, quando é gerado um deslocamento entre a massa de ar da zona de maior para a de menor pressão. Nesta condição, geralmente existem duas aberturas em diferentes alturas, assim estabelecendo uma circulação de ar da abertura inferior para a superior, com o nome de efeito chaminé. Em casas térreas, o efeito chaminé geralmente não é eficiente, pois depende da diferença entre as alturas das janelas e pode variar devido às diferenças entre a temperatura do ar interior e exterior. No verão, esse modelo de ventilação não é visto como o mais eficiente para proporcionar situações de conforto térmico. Por isso, dá-se maior importância à ventilação dos ambientes pelo efeito do vento.

A ventilação natural pode ser por diferença de pressão causada pelo vento, como é o caso de efeito chaminé (Lamberts, 2016) que para que seja utilizada a ventilação devido à diferença de pressão gerada pelo vento é necessário que esta esteja exposta ao vento, visto que os ambientes são atravessados transversalmente pelo fluxo de ar (Pereira *et al.*, 2014); ventilação cruzada e ventilação unilateral ocorre quando há áreas com diferentes pressões, na face onde a incidência do vento é maior, existe uma área de alta pressão e na face contrária uma área de baixa pressão; torres de vento

identificadas em construções árabes que captam o vento na parte superior do edifício e o direcionam para o interior, podendo ser utilizadas em construções em que as janelas não conseguem suprir a necessidade de ventilação (Dutra *et al.*, 2014) e dependendo da época do ano pode melhorar o aproveitamento do vento visto que a direção do vento muda de região para região em cada estação do ano; e, a técnica de torres de resfriamento evaporativo utilizada no alto de torres para melhorar a eficiência da refrigeração e a temperatura nos ambientes com saídas de ar horizontais ou verticais.

Para Lamberts (2014), a ventilação natural é, depois do sombreamento, a estratégia mais importante e utilizada no Brasil. Segundo a carta bioclimática, ela é geralmente utilizada para temperaturas entre 20 C e 32 C, visto que os ganhos térmicos por convecção funcionam como aquecimento do ambiente e como resfriamento. Vale ressaltar que entre 27 C e 32 C, a ventilação só se torna eficiente quando a umidade relativa do ar estiver entre 15% e 75%. Segundo análises feitas por Ghisi (2002), ao considerar salas de diferentes tamanhos, geometrias e orientações, pôde-se concluir que empregando áreas ideais de janelas em edificações com condicionamento artificial, desde que seja feita integração do sistema de iluminação artificial com a iluminação natural, pode-se obter economias no consumo de energia com iluminação de 20% para 86%.

### 3 Eficiência Energética de uma Edificação

As plantas da edificação em estudo se encontram no “APÊNDICE A”, contendo todas as referências de esquadrias, cotas, nomes de ambientes, tanto no pavimento térreo quanto no pavimento superior. A eficiência energética nas edificações busca a economia referente ao uso de energia sem prejudicar o conforto acústico, luminístico e ergonômico, sendo a melhoria na qualidade do ambiente seu principal objetivo. O uso eficiente de energia não traz benefícios apenas quanto à redução das despesas. É fundamental lembrar que quando há redução do uso de recursos naturais, também há contribuição significativa para redução dos impactos ambientais. Desta forma, têm-se inúmeras possibilidades de se fazer adaptações e desenvolver edificações voltadas à eficiência energética.

As características térmicas das paredes e coberturas da edificação unifamiliar calculadas e adotadas são: paredes externas com transmitância térmica de 2,23 W/(m<sup>2</sup>K), capacidade térmica de 159,25 kJ/(m<sup>2</sup>K), absorvância da parede de 0,20 (NBR15220), o pé direito da edificação varia entre 2,80 m e 3,80 m, os banheiros possuem um sistema de aquecimento de água composto por chuveiros elétricos, sendo a potência de cada um de 7.500 W.

#### 3.1 Unidade Habitacional Autônoma (UH)

Para obter a classificação de cada UH, devem ser seguidas as etapas conforme o exemplo disponibilizado do edifício, utilizando-se as planilhas e os manuais disponibilizados pelo PBEEDIFICA. Os pré-requisitos gerais em estudo, conforme o RTQ-R, possuem nível de eficiência X, e para obtenção dos níveis de eficiência A ou B, a UH deve possuir medição individualizada de eletricidade e água. Inicia-se a avaliação da envoltória fazendo identificação dos ambientes de permanência e os cálculos que indicam graus horas para resfriamento (GHR), consumos relativos para aquecimento (CA) e refrigeração (CR). Sendo assim, é disponibilizada uma planilha para fazer a análise e chegar ao grau de eficiência. O ambiente usado para o cálculo foi a zona bioclimática 1, e sua classificação está na NBR 15220-3.

A situação do piso do primeiro pavimento será 1 (um), pois tem contato com o solo; e a cobertura será 0 (zero), pois não está exposta para o exterior. Já no segundo pavimento o piso será 0 (zero), pois não tem contato com o solo, e a cobertura será 1 (um), porque já está exposta para o exterior. O valor de pilotis será 0 (zero), pois o apartamento não está sobre pilotis. Quanto à linha de cobertura exposta na planilha, no primeiro pavimento, os ambientes de área de permanência que não estão diretamente em contato com o meio externo terão a transmitância térmica ( $U_{cob}$ ) e absorvância ( $\alpha_{cob}$ ) 0 (zero) e

capacidade térmica ( $CT_{cob}$ ) será 1 (um), conforme instruções dadas no RTQ-R. Já os ambientes que têm contato direto com a cobertura, terão transmitância térmica de  $1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ , capacidade térmica de  $150 \text{ KJ/m}^2\text{K}$ , e absorvância de 0 (zero).

A capacidade térmica é definida como a propriedade de um corpo absorver ou ceder calor para que tenha a variação de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Como se trata de uma edificação, é a propriedade dos elementos absorver ou liberar calor. Nas paredes externas os dados para preenchimento da planilha serão os valores calculados conforme a NBR 15220-2. Dessa forma, encontramos os resultados de transmitância térmica ( $U_{par}$ ), capacidade térmica ( $CT_{par}$ ) e absorvância ( $\alpha_{par}$ ), apresentado como anexo ao fim do trabalho. As características construtivas do ambiente para desenvolvimento da planilha, tanto para Capacidade térmica alta ( $CT_{alta}$ ) quanto para Capacidade térmica baixa ( $CT_{baixa}$ ), encontram-se zero, pois tanto a média calculada das paredes internas quanto externas está entre 50 a  $250 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . As áreas das paredes externas dos ambientes são calculadas utilizando a área de cada parede voltada para sua devida fachada (Norte, Sul, Leste ou Oeste), excluindo as áreas das esquadrias.

As áreas das aberturas são apenas o cálculo da esquadria que cada ambiente de permanência possui por fachada. Para as características das aberturas é utilizado o anexo-II do RTQ-R como auxílio. Sendo assim, calcula-se o  $F_{vent}$  (fator de ventilação), que será um decimal, e o sombreamento. Nas características gerais deve ser inserida a área das paredes internas de cada ambiente e o pé direito. Assim, a planilha calculará automaticamente o coeficiente de altura. Como a zona em estudo foi a ZB1, preenchidos os campos necessários das características de isolamento térmico. Na zona bioclimática 1, a norma exige aberturas de dimensões médias e que o sombreamento deve permitir a entrada do sol no inverno. Paredes e coberturas devem ter materiais leves e usar isolamento térmico na cobertura.

Para transmitância e capacidade térmica, o primeiro pré-requisito é a transmitância e a capacidade térmica das paredes externas e cobertura. A UH pertence à zona bioclimática 1. Para as paredes da sala, quarto e suíte, a absorvância é sem exigência e a transmitância deve ser menor ou igual a  $2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ , e a capacidade térmica maior ou igual a  $130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . Em ventilação natural, a soma da área deve ser igual ou maior que 8% da área útil do ambiente. Utiliza-se como referência para porcentual de abertura as tabelas que estão no RTQ-R.

Em iluminação natural, a soma da área de iluminação natural deve ser maior que 12,5% da área útil do ambiente. Utiliza-se como referência o anexo no RTQ-R para se chegar à porcentagem de iluminação natural. Além de verificar os pré-requisitos do ambiente, é necessário verificar os pré-requisitos da UH:  $A2/A1 \geq 0,25$  (onde  $A1$  é o somatório da ventilação nas fachadas da orientação com maior área de abertura e o  $A2$  é o somatório da ventilação nas fachadas das demais orientações).

No segundo pavimento, os pré-requisitos exigem que os banheiros tenham 50% de ventilação natural. Após colocar os resultados conseguidos através dos cálculos do ambiente, é necessário realizar também o desenvolvimento de cálculos da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração para, assim, conseguir a classificação da envoltória. O sistema de aquecimento de água instalado na UH deve ser avaliado para se obter o equivalente numérico do próprio aquecimento de água. Na edificação, os chuveiros elétricos têm a potência é de 7500 W. De acordo com o RTQ-R, para chuveiros elétricos com potência superior a 4.600W, a classificação é "E", com um equivalente numérico = 1.

#### 4 Análise dos Resultados

Este item consistiu em avaliar a presença de eventuais bonificações cujo resultado possa elevar o nível de eficiência da edificação. As bonificações que se apresentem no apartamento "A" serão somadas à pontuação total, assim:  $Bonificações = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8$

O valor de porosidade foi de 16,00%, e como a UH avaliada localizada no 1º e 2º pavimento, pode-se aplicar um coeficiente de redução de 0,8 ( $20\% \times 0,8 = 16,00\%$ ). Como duas fachadas tiveram resultados superiores a 20%, então a nota de bonificação é de 0,12. A casa não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

Em si tratando de iluminação natural ( $b2$ ) de até 0,20 pontos nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia utilizou para calcular a profundidade a equação  $P \leq$



2,4ha (onde P é profundidade do ambiente e há é a distância entre o piso e altura máxima da abertura para iluminação natural, excluindo caixilhos). Todos os ambientes atenderam ao exigido.

**Tabela 2:** Diretrizes construtivas Zona Bioclimática 1.

Zona Bioclimática 1	
Médias (15%<A<25%)	
Tamanhas aberturas Sombreamento aberturas Paredes externas	Permitir sol no inverno $U \leq 3\text{W/m}^2.\text{K}$
	$\phi \leq 4,3\text{h}$ FS $\leq 5\%$
Coberturas Est. cond. Passivo inverno Est. cond. Passivo verão Cidade	Leve isolada $U \leq 2\text{W/m}^2.\text{K}$ $\phi \leq 3,3\text{h}$ FS $\leq 6,5\%$
	Aquecimento solar da edificação Inércia térmico interno
	Curitiba

Fonte: Autor próprio (2020).

A casa possui refletância de 20%, não utiliza uso racional de água, nem condicionamento artificial de ar, bem como toda a unidade habitacional possui 100% das fontes de iluminação artificial com Selo Procel descumprindo os requisitos do RTQ-R, mas não possui ventiladores de teto e possui sistema de aquecimento da água. Assim, verificou-se que todas as bonificações se somaram 0,52 pontos que foram obtidas através do cálculo  $P = \text{Coef. } a * \text{Eq. num. da envoltória} + (1 - \text{Coef. } a) * \text{Aq. de Água} + \text{Bonificações}$  e a unidade habitacional foi classificada como B por meio de uma pontuação total de 4,21.

## 5 Conclusão

É de suma importância analisar todos os fatores da região determinada para a construção da edificação para que se possa determinar quais as modificações necessárias para se obter um melhor padrão de eficiência energética.

Conforme os resultados obtidos e as diretrizes construtivas, o tamanho das aberturas de quase todos os ambientes que foram avaliados atendem ao pedido nas diretrizes construtivas da região de zona bioclimática 1, variando de 15% a 25% a porcentagem das aberturas. Somente a suíte máster, o quarto da empregada e a sala que excedem esse valor (27,2% a suíte máster, 32,10% o quarto empregado e 28,66% sala de estar e jantar, sendo essas as porcentagens dos tamanhos das aberturas em relação a cada ambiente), devendo então ser feita uma redução do tamanho das aberturas dos cômodos.

Deve-se permitir a entrada do sol no inverno; a transmitância das paredes atende o programada região, pois segundo a tabela das diretrizes construtivas, está menor que  $3\text{W/m}^2.\text{K}$ ; o atraso térmico está menor que 4,3h; o fator solar está menor que 5%; a transmitância de cobertura está menor que  $2\text{W/m}^2.\text{K}$ ; o atraso térmico menor que 3,3h e o fator solar menor que 6,5% estão todos de acordo com as diretrizes pedidas. Conforme o cálculo feito na planilha, o nível de eficiência obtido na zona 1 foi de 4,21, com a classificação final da UH sendo "B". Para se classificar como "A", é necessário ter a nota total de 4,495.

É possível observar através das tabelas que possui nota "C", referente ao aquecimento de inverno e na envoltória, se refrigerada artificialmente, que ambos englobam a necessidade de que a edificação tenha melhor isolamento térmico nas paredes externas e cobertura. Uma obra de engenharia bem projetada deve levar em consideração todos os fatores para ter melhor aproveitamento e proporcionar conforto às pessoas. A parte técnica pode influenciar de forma

grandiosa, pois quando uma obra é feita de maneira mal planejada gera desconforto e gastos com equipamentos, os quais poderiam ser reduzidos ao utilizar recursos naturais, além de ainda contribuir para o meio ambiente sofrer cada vez menos impactos.

## Referências

- Aguilar, R. S & Oliveira, L. C. S & Arcanjo, G. L. F. (2012). *Energia Renovável: Os Ganhos E Os Impactos Sociais, Ambientais E Econômicos Nas Indústrias Brasileiras*. XXXII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Bento Gonçalves. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Associação Brasileira De Norma Técnicas (ABNT). (2013). *NBR 15575/2013: Desempenho térmico de edificações*. Parte 1: Requisitos Gerais, Edificações Habitacionais.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). (2003). *NBR-15220/2003: Desempenho térmico de edificações*. Parte 1, parte 2, parte 3, parte 4 e parte 5.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). (2003). *Projeto 02:135.07-001/2 Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro, p.8.
- Brasil. Lei nº 10.295. (2001). *Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.
- Carlo, J. C. & Lamberts, R. (2010). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. *Ambiente Construído*, 10 (2), 27-40.
- Carlo, J. C. & Pereira, F. O. R. & Lamberts, R. (2004). *Iluminação Natural para Redução do Consumo de Energia de Edificações de Escritório Aplicando Propostas de Eficiência Energética para o Código de Obras do Recife*. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, ENTAC, Anais. São Paulo, Brasil.
- Cezar, J. P. et al.. (2018). Comportamento ótico de vidros e policarbonatos translúcidos frente à radiação solar. *SciELO*, 23 (3), Oct.
- Didoné, E. L. & Bittencourt, L. S. (2006). *Avaliação do desempenho de diferentes configurações de protetores solares na iluminação natural de salas de aula*. ENTAC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- Didoné, E. L. & Bittencourt, L. S. (2008). *O impacto dos protetores solares na eficiência energética de hotéis*. ENTAC, Fortaleza, Ceará, Brasil. Anais.
- Eletrobras. (2005). *Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil - Sumário Executivo*. Rio de Janeiro: Eletrobras; Procel, Brasil.
- Ghisi, E. (2002). *The use of fibre optics on energy efficient lighting in buildings*. PhD thesis presented in the School of Civil Engineering of University of Leeds.
- Gratia, E. & De Herde, A. (2003). Design of low energy office buildings. *Energy and Buildings*, 35 (5), 473-491.
- Lamberts, R. (2014). *Desempenho Térmico de edificações: Ventilação Natural*. Recuperado de [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-Ventilacao Natural 0.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-Ventilacao%20Natural%200.pdf).
- Lima, G. L. F. (2007). *Influência de variáveis arquitetônicas no desempenho energético de hotéis no clima quente e úmido da cidade de Natal/RN*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, Brasil.
- Manual-R. (2013). *Manual para a Aplicação do RTQ-R*. Portaria nº: 18.
- PBE Edifica. (2020). *Edificações Comerciais e de Serviços*. Recuperado de <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial>.
- Procel Info. (2020). *Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética*. Recuperado de <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>.
- Requisitos de Avaliação da Conformidade para eficiência energética de Edificações (RAC). (2013). *Residencial, Comercial, de Serviço e Público*. Portaria: nº 50.
- Rocha, E. F. Da. (2007). *Análise da relação entre desempenho e implantação de edificações unifamiliares e o consumo de energia*. Dissertação de Mestrado em Ergonomia apresentada à

- Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de MesquitaFilho”, UNESP-Bauru, Brasil. Recuperado de <http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1038.pdf>.
- RTQ-R. Residencial. (2012). *Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais*. Portaria nº18.
- Santamouris, M. (2001). Energy retrofitting of office buildings. Energy efficiency and retrofit measures for offices. *Series: Energy Conservation in Buildings*, v1. University of Athens, Greece.
- Santos, H. M. (2015). *Impacto da Produção de Energias Renováveis nas Emissões de CO2*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Economia na Universidade de Porto.
- Sorgato, M. J. & Marinoski, D. L. & Melo, A. P. & Lamberts, R. *Nota técnica referente a avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública*. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).
- Souza, M. B. (2003). *Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica*. Tese de doutoramento em Engenharia de Produção apresentada ao Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. (2011). *Recursos hídricos no Século XXI*. São Paulo: Oficina de Textos.

### APÊNDICE A – Plantas da Edificação





Fonte: Gerson Flávio Mendes de Lima (2018).

**ANEXO – Envoltória e Pré-requisitos dos Ambientes**

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB1	ZB1	ZB1	ZB1	ZB1	ZB1	ZB1	ZB1
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte Master Com Closed	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Suíte 5	Quarto Emp.	Sala Estar/Jantar
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	24,15	17,10	17,00	17,10	17,25	12,05	8,10	78,70
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	Contato com solo	adimensional	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	Sobre Pilotis	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	0,00	0,00	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	0,00
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	1,00	1,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	1,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	159,25	159,25	159,25	159,25	159,25	159,25	159,25	159,25
	αpar	adimensional	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Características construtiva	CTbaixa	binário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTalta	binário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,78	0,00	6,78	14,42	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	10,36	0,00	0,00	10,08	5,80	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	5,28	0,00	0,00	0,00	6,78	6,78	0,00	18,80
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	14,28	10,28	14,28	0,00	0,00	0,00	5,04
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	2,60	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	4,80	0,00	0,00	0,00	2,60	2,60	0,00	19,20
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,47	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
	Somb	adimensional	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m <sup>2</sup>	48,26	41,36	49,69	41,57	41,85	33,17	27,64	107,29
	Pé Direito	m	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	3,80
	C altura	adimensional	0,116	0,164	0,165	0,164	0,162	0,232	0,346	0,048
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e	isol	binário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	vid	binário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	A	A	A	A	A	A	A
			26,00	-26,00	63,00	47,00	59,00	60,00	-4,00	-16,00
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	B	C	C	C	C	D	C	B
			25,64	40,97	49,44	45,03	47,91	58,64	49,92	23,02
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	B	C	D	B	B	B	E	Não se aplica
			1,12	1,60	2,23	1,08	1,31	1,17	3,72	0,00

Fonte: Autor próprio (2020).



**ANEXO A1 – Envoltória e Pré-requisitos dos Ambientes**

Pré-requisitos por ambiente										
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	130	130	130	130	130	130	130	130
		Upar, CTpar e apar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e acob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?								11,70
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	4,80	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	19,20
		Ai/Auamb (%)	32,00	17,33	17,33	17,33	17,33	21,58	32,10	164,10
		Atende 12,5%?	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	4,80	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	19,20
		Av/Auamb (%)	32,00	17,33	17,33	17,33	17,33	21,58	32,10	164,10
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	Janelas	Janelas	Janelas	Janelas	Janelas	Janelas	Janelas	Janelas
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor próprio (2020).

**ANEXO – Envoltória e Pré-requisitos dos Ambientes**

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente		Ponderação da nota pela área útil do ambiente								
		Envoltória para Verão	A	A	A	A	A	A	A	A
		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Envoltória para Inverno	C	B	C	C	C	C	D	C	B	
		3,40	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	B	C	D	B	B	B	E	Não se aplica	
		3,15	4,00	3,00	2,00	4,00	4,00	4,00	1,00	0,00

Fonte: Autor próprio (2020).

	Variáveis	Variação (±)		Porcentagens SUÍTE MASTER COM CLOSED							
		Recomendada	Avaliada	Graus-hora para Resfriamento (GHR)				Consumo para Aquecimento (CA)			
				Variação aumentando a variável	Variação diminuindo a variável	Variação aumentando a variável	Variação diminuindo a variável				
Ambiente	AUamb	3,00	3,00	23	A	30	A	23,688	B	28,246	B
Cobertura	Ucob	0,50	0,50	26	A	26	A	25,766	B	25,601	B
	CTcob	50,00	50,00	26	A	26	A	25,590	B	25,777	B
	αcob	0,10	0,10	26	A	26	A	25,117	B	26,250	B
Paredes Externas	Upar	0,50	0,50	19	A	34	A	24,489	B	26,878	B
	CTpar	50,00	50,00	24	A	28	A	25,687	B	25,680	B
	αpar	0,10	0,10	31	A	22	A	25,123	B	26,244	B
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	APambN	2,00	2,00	48	A	48	A	26,798	B	24,569	B
	APambS	2,00	2,00	27	A	26	A	26,376	B	23,576	B
	APambL	2,00	2,00	24	A	29	A	26,943	B	24,424	B
	APambO	2,00	2,00	24	A	28	A	26,933	B	24,434	B
Áreas de Aberturas	AAbN	0,50	0,50	10	A	10	A	25,493	B	25,874	B
	AAbS	0,50	0,50	13	A	12	A	26,016	B	25,351	B

Externas	AAbL	0,50	0,50	28	A	25	A	25,840	B	25,527	B
	AAbO	0,50	0,50	53	A	44	A	25,546	B	25,821	B
Características das Aberturas	Fvent	0,25	0,25	24	A	29	A	23,856	B	27,511	B
	Somb	0,10	0,10	20	A	33	A	25,793	B	25,574	B
Características Gerais	AparInt	5,00	5,00	26	A	26	A	26,970	B	24,397	B
	PD	0,20	0,20	29	A	24	A	25,179	B	26,188	B
Características de Isolamento Térmico	Uvid	0,50	0,50	26	A	26	A	26,059	B	25,308	B

### ANEXO – Pré-requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim	
	Medição individual de energia?		Sim	
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte		9,4
		Área Aberturas orientação Sul		15,64
		Área Aberturas orientação Leste		34,08
		Área Aberturas orientação Oeste		10,28
		A2/A1		1,036384977
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Não se aplica
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC		10
		Nº Banheiros com ventilação natural		8
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim		
Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Nota anterior aos pré-requisitos			
	Envoltória para Verão	A	A	
		5,00	5,00	
	Envoltória para Inverno	C	C	
		3,40	3,40	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	C		
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao requisito dos banheiros com ventilação		
		B	B	
		3,53	3,53	

### ANEXO – Bonificações

Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m <sup>2</sup> )	9,4
		AATVS (m <sup>2</sup> )	15,64
		AATVL (m <sup>2</sup> )	34,08
		AATVO (m <sup>2</sup> )	10,28
		ATFN (m <sup>2</sup> )	76,57
		ATFS (m <sup>2</sup> )	46,1745
		ATFL (m <sup>2</sup> )	145,7
		ATFNO (m <sup>2</sup> )	145,7
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	12,3%
		Porosidade Sul	33,9%
		Porosidade Leste	23,4%
		Porosidade Oeste	7,1%



		Atende pelo menos 2 fachadas?	Sim	
		Bonificação	0,12	
	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?	Não	
		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?	Não	
		Bonificação	0	
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)	1	
		Bonificação	0,1	
	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?	Não	
		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?	Sim	
		Bonificação	0,1	
	Total de bonificações			0,52

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?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m <sup>2</sup> K)/W ?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Sim
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	32
	Espessura do isolamento (cm)	1
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A

Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	1200
	Qual é a área de coletores solares existente? (m <sup>2</sup> )	12
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m <sup>2</sup> )	100,00
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	menor que 50%
	Demanda	1200
	Classificação	D 2
Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	Não
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	Não
	Demanda	
	Classificação	
Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (W/W)	0
	Demanda	0
	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 1
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potência Máxima do Equipamento (W)	0
	Demanda	0
	Classificação	
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	Boiler C, D ou E segundo o PBE
	Demanda	100
	Classificação	E 1
Caldeiras a óleo	Apresenta Caldeira a óleo?	Não
	Demanda	0
	Classificação	

Nota final para o aquecimento de água	<b>B</b>
	<b>4,00</b>

Fonte: Autor próprio (2020).