

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE PROJETOS DE RESIDÊNCIAS
DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA**

AUGUSTO MACARINI BOSA

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2017

Augusto Macarini Bosa

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE PROJETOS DE RESIDÊNCIAS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Trabalho Conclusão do Curso apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do diploma de graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lamberts

Florianópolis

2017

Bosa, Augusto Macarini
Análise de Desempenho Térmico em Projetos de
Residências do Programa Minha Casa Minha Vida / Augusto
Macarini Bosa ; orientador, Roberto Laberts, 2017.
93 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia Civil. 3. Desempenho
Térmico. 4. Minha Casa Minha Vida. 5. Etiquetagem
Residencial. I. Laberts, Roberto. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III.
Título.

Augusto Macarini Bosa

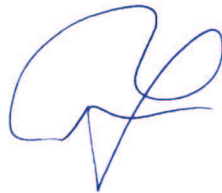
**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM PROJETOS DE RESIDÊNCIAS DO PROGRAMA
MINHA CASA MINHA VIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado pela banca examinadora
para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Florianópolis, 29 de junho de 2017

Profa. Lia Caetano Bastos, Dra. Coordenadora do TCC

Banca Examinadora:



Prof. Roberto Lamberts, PhD

Orientador

Prof. Ricardo Rüter, PhD

Ana Paula Melo, Dr

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Elói Pereira Bosa e Idenir Macarini Bosa, pela ajuda e dedicação em minha formação e educação, e minha irmã Luíza Macarini Bosa, pela amizade e momentos que dividimos.

Ao engenheiro Jocilon Coelho pela disponibilização de projetos para este estudo.

Ao professor Roberto Lamberts pela orientação durante a execução deste trabalho.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos passados durante estes 7 anos de graduação.

Aos meus amigos Lucas, Arthur e Gabriel pelas noites de conversas e risadas que sempre tornaram as semanas mais leves.

Às meninas do Desterro Atlantis pela amizade e compreensão com um coach de signo ruim.

Ao meu amigo Matheus Flach, sem o qual eu provavelmente teria terminado este trabalho muito antes.

RESUMO

O Programa Minha Casa Minha vida, lançado em 2009 pelo Governo Federal impulsionou o mercado da construção civil no Brasil, sendo responsável por grande parte da economia e geração de empregos no país desde seu lançamento. A grande demanda por projetos para novas residências veio acompanhada por um fenômeno de padronização de projetos, os quais são apenas repetidos e alocados sem os cuidados necessários para que a residência possua um bom desempenho térmico e ofereça conforto aos seus usuários. Este trabalho visa quantificar a possível perda de desempenho gerada por esta falta de cuidado e padronização. A análise de desempenho térmico foi realizada no projeto de seis unidades habitacionais em seu estado inicial e após modificações em vários aspectos das unidades e uso de melhores tecnologias. Os resultados mostram que o desempenho das unidades pode ser melhorado em até 51% do seu estado inicial com soluções simples, como a escolha adequada de materiais construtivos, da cor adequada e do dimensionamento correto de aberturas e uso de sistema de sombreamento. A análise destaca também a importância de um sistema de aquecimento de água de bom desempenho nas residências.

ABSTRACT

The “Minha Casa Minha Vida” program, created in 2009 by the Brazilian federal government is responsible for a huge increase in the civil construction market, increasing the economy and creating jobs since its beginning. The need for new projects for new residences came along with a big standardization in the projects, which are just repeated in different places without any care for the specifics and the interaction of the project with the place it is located, creating a lack of thermal comfort and performance. This research has the objective to quantify the performance loss created by this uniformity of projects and lack of care for each project's specifics. This research used six residence projects to test its performance in the initial setup and after several modifications and introduction of new technologies. The results show a performance increase that can reach up to 51% when compared to the initial setup using only simple solutions, like the right choice of materials, correct color and right size of windows. This analysis also highlights the importance of a good water heating system.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
2. Objetivos.....	13
2.1 . Objetivo principal.....	13
2.2 . Objetivos específicos.....	13
2.3 Estrutura do trabalho.....	13
3. Revisão bibliográfica.....	15
3.1 Programa Minha Casa Minha Vida	15
3.2 Programa de Etiquetagem Brasileiro	17
4. Análise bioclimática de Araranguá.....	19
4.1 Justificativa.....	19
4.2. Análise Bioclimática	19
4.3 Zoneamento Bioclimático	21
4.4 Determinações da NBR 15.575.....	22
5 Objetos do Estudo	24
5.3 Residências de dois Quartos	24
5.4 Residências de três Quartos	26
6 Metodologia	30
6.3.1 Envoltória.....	30
6.3.2 Aquecimento de água	35
6.3.3 Bonificações.....	36
7 Resultados das Unidades Habitacionais.....	37
7.3 Avaliação da UH exemplo	37
7.3.1 Ambientes de Permanência Prolongada (APP)	38
7.3.2 Pré-requisitos da Envoltória.....	39
7.3.3 Pré-requisitos da Unidade Habitacional.....	41

7.4	Análise do sistema de aquecimento de água.....	42
7.5	Bonificações.....	42
7.6	Resultados	45
8	Resultados das Modificações	47
8.3	Modificações em aberturas	47
8.4	Troca de Cor	50
8.5	Sombreamento.....	51
8.6	Modificações no material construtivo	53
8.7	Vidros duplos	54
8.8	Bonificações de iluminação.....	56
8.9	Sistema de aquecimento de água.....	58
9	Conclusões.....	60
	Referências Bibliográficas.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faixas do Programa Minha Casa Minha Vida	15
Figura 2 - Residências atendidas pelo Minha Casa Minha Vida	16
Figura 3 - Modelo de Etiqueta Residencial.....	18
Figura 4 - Situação Climática de Araranguá.....	20
Figura 5 - Zoneamento Bioclimático de Araranguá	22
Figura 6 - Paredes no estado Inicial.....	31
Figura 7 - Paredes com Novo Material Construtivo	32
Figura 8 - Coberturas no Estado Inicial	32
Figura 9 - Coberturas com Novo Material Construtivo	33
Figura 10 - Detalhe de Janela Utilizada nos Projetos.....	34
Figura 11 – Pré Requisitos da ZB2	40
Figura 12 – Áreas Mínimas de Ventilação.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Transmitância Máxima de Paredes Externas segundo a NBR 15.575	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 2 - Capacidade Térmica Mínima de Paredes Externas segundo a NBR 15.575	
.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3 - Transmitância Máxima para a Cobertura segundo a NBR 15.575	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 4 - Tabela de Esquadrias UH 2 Quartos-1	37
Tabela 5 - Desempenho das APP da UH	39
Tabela 6 - Pré-Requisitos por Ambiente da UH	41
Tabela 7 - Pré-Requisitos gerais da UH	42
Tabela 8 - Bonificações de Ventilação Natural na UH	43
Tabela 9 - Desempenho da UH Exemplo	45
Tabela 10 - Notas de Desempenho das UH no estado Inicial	46
Tabela 11 - Novas Dimensões de Janelas - UH 2 Quartos	48
Tabela 12 - Novas Dimensões de Janelas - UH 3 Quartos	49
Tabela 13 - Pontuação das UH após Modificação de Aberturas	49
Tabela 14 - Ganho de Pontuação Gerado pela Modificação de Aberturas	50
Tabela 15 - Pontuação das UH após a Troca de Cor	50
Tabela 16 - Ganho de Pontuação Gerado pela Troca de Cor	51
Tabela 17 – Ganho de Desempenho Acumulado	51
Tabela 18 - Pontuação das UH após Aplicação de Sistema de Sombreamento	52
Tabela 19 - Ganho de Pontuação Gerado pelo Sombreamento	52
Tabela 20 – Ganho de Desempenho Acumulado	53
Tabela 21 - Pontuação das UH Após Troca do Material Construtivo	53
Tabela 22 - Ganho de Pontuação Gerado pela troca de Material Construtivo	54
Tabela 23 – Ganho de Desempenho Acumulado	54
Tabela 24 - Pontuação das UH após Aplicação de Vidro Duplo	55
Tabela 25 - Ganho de Pontuação Gerado pelo Vidro Duplo	55
Tabela 26 - Ganho de Desempenho Acumulado	56
Tabela 27 - Pontuação das UH após o ganho de Bonificações	57
Tabela 28 - Ganho de Pontuação Gerado pelas Bonificações	57

Tabela 29 - Ganho de Desempenho Acumulado	58
Tabela 30 - Pontuação das UH com diferentes níveis de Sistema de Aquecimento de	

1. INTRODUÇÃO

Em 2017 completam-se 8 anos desde o início do Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal. Criado em 2009, o programa viabilizou a contratação de mais de 2.000.000 de unidades habitacionais, que foram e serão construídas com subsídio do governo e parcelas e taxas de juros reduzidas para famílias com de baixa renda.

Durante estes 8 anos o programa contou com um investimento que supera os 200 bilhões de reais e gerou mais de 1,3 milhões de empregos. O programa chegou a representar mais de um terço das construções residenciais anuais, e a representar 0,8% do PIB anual do Brasil.

Esta grande demanda de construções e projetos deste tipo de residências foi responsável por um fenômeno de padronização no estilo destas construções. Visando facilitar tanto a criação e aprovação de novos projetos arquitetônicos quanto a produção em obra, este processo de repetição de modelos de residências é visível em muitos loteamentos e conjuntos habitacionais pelo país. Esta falta de individualidade de cada projeto pode gerar problemas, afinal nem todos eles estão sob as mesmas condições de clima nem possuem a fachada virada para a mesma orientação. A falta de cuidado durante a fase de projeto e a desconsideração da individualidade de cada projeto pode gerar residências com baixos desempenhos térmicos, e que não proporcionam o devido conforto para seus habitantes.

As análises propostas neste trabalho visam quantificar a perda de desempenho que esta falta de cuidado durante a fase de projeto de edificações do Programa Minha Casa Minha Vida pode gerar. Para isso foram usadas as determinações do Programa Brasileiro de Etiquetagem Residencial, o qual viabiliza o cálculo da eficiência energética para cada residência e permite quantificar o ganho que pode ser gerado com modificações no projeto original. Com as análises e resultados das modificações foi possível quantificar o quanto a falta de cuidado com a arquitetura e material construtivo das unidades habitacionais, a falta de cuidado com o clima e com a individualidade de cada residência podem prejudicar o seu desempenho térmico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

Analisar projetos de residências financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, propondo mudanças arquitetônicas e utilização de melhores tecnologias visando um melhor desempenho térmico dessas, diminuindo a necessidade de equipamentos de climatização, melhorando o conforto dos moradores e gerando uma economia geral de energia.

2.2. Objetivos específicos

Realizar a análise climática da região de Araranguá–SC, onde as residências estão localizadas.

Definir estratégias para a melhoria do desempenho e conforto destas residências baseado na análise da região e nas plantas das residências.

Propor modificações arquitetônicas e de material construtivo, visando à melhoria sem aumentar significativamente o custo total das obras.

Propor melhorias e novas tecnologias que podem ser aplicadas às unidades habitacionais visando melhorar ao máximo seu desempenho.

Realizar a classificação das residências segundo os requisitos da etiquetagem residencial da PROCEL.

Comparar o desempenho das residências antes e após as modificações.

2.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho será dividido e apresentado da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução – Foi introduzido o assunto do trabalho

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica – São apresentados os fundamentos nos quais se baseia este trabalho

Capítulo 3 - Análise Bioclimática de Araranguá – A cidade é analisada segundo os métodos de análise disponíveis e serão identificadas as estratégias utilizadas para melhorar o desempenho das residências.

Capítulo 4 - Objetos do Estudo – As residências avaliadas durante este trabalho são apresentadas e identificadas.

Capítulo 5 - Metodologia – Neste capítulo são especificados os métodos e decisões tomadas durante o processo das análises, justificando as escolhas tomadas durante o processo.

Capítulo 6 - Avaliação de Desempenho das UH – Este capítulo exemplifica o processo de obtenção do nível de eficiência de uma UH, e depois apresenta o resultado das avaliações de todas as UH avaliadas.

Capítulo 7 – Resultados das Modificações – Aqui são demonstradas as modificações propostas nas residências e o quanto estas modificações são capazes de melhorar as residências.

Capítulo 8 – Conclusões – Os resultados são analisados e avaliados, ressaltando os dados importantes extraídos durante o trabalho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo oferecer uma fundamentação teórica dos dados sendo apresentados neste trabalho e dos mecanismos utilizados para a análise do desempenho térmico das unidades habitacionais.

Nele são apresentados o Programa Minha Casa Minha Vida e seu impacto na economia e no setor de construção civil do Brasil e o Programa Brasileiro de Etiquetam Residencial e o sistema de avaliação de desempenho de edificações utilizado para as análises deste trabalho

3.1 Programa Minha Casa Minha Vida

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi fundado em março de 2009 pelo governo federal. O programa subsidia a compra de residências para famílias de baixa, diminuindo os valores de parcelas e com taxas de juros reduzidas conforme mostrado abaixo.

Figura 1 - Faixas do Programa Minha Casa Minha Vida

Faixa	Renda Familiar Mensal	Taxa de Juros
1	Até R\$1.800,00	0%
1,5	Até R\$2.600,00	5%
2	Até R\$2.600,00	5,5%
	Até R\$3.000,00	6%
	Até R\$4.000,00	7%
3	Até R\$ 7.000,00	8,16%
	Até R\$ 9.000,00	9,16%

Fonte: <http://programaminhacasaminhavidanet>

Segundo dados fornecidos pelo IBGE, em 2013 foi estimado que cerca de um terço das construções de moradias executadas durante aquele ano eram participantes do PMCMV. Esta grande procura pelo programa gerou um grande desenvolvimento

especialmente nas áreas de materiais de construção e serviços. O site informa ainda que até 2014 o investimento total ultrapassava a marca dos 200 bilhões e que 2,6% da força de trabalho do país estavam relacionadas ao programa.

O Portal do Brasil informa que em 2014, quando o programa ainda contava com diferentes limites de rendas nas faixas mostram um investimento total de 183,5 bilhões de Reais e a contratação de 2.863.384 unidades, estando 1.590.050 delas já construídas e entregues, conforme pode ser visto na imagem abaixo.

Figura 2 - Residências atendidas pelo Minha Casa Minha Vida

Faixas de Renda	Valor de Investimento	Unidades Habitacionais		
		Contratadas	Concluídas	Entregues
Até R\$ 1.600,00	R\$ 60 bilhões	1.311.154	464.795	353.940
Até R\$ 3.100,00	R\$ 96,7 bilhões	1.221.126	960.112	855.484
De R\$ 3.100,01 a R\$ 5.000,00	R\$ 26,8 bilhões	331.104	165.143	88.322
TOTAL	R\$ 183,5 bilhões	2.863.384	1.590.050	1.297.746

Fonte: Ministério das Cidades (2014)

Segundo João Branco Pedro (2012) entre os pontos positivos do programa se destacam exatamente o grande investimento e dinamização da economia, a criação de empregos diretos e indiretos e a melhoria da situação do déficit habitacional. Dentre os principais problemas citados destaca-se para esta análise a repetitividade das tipologias, confirmando a situação de padronização dos projetos que ocorre neste tipo de empreendimento.

3.2 Programa de Etiquetagem Brasileiro

O programa de etiquetagem brasileiro teve início em 1984 quando o Inmetro começou a discutir sobre a criação de um programa de avaliação da conformidade com foco no desempenho, com o intuito de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil.

Segundo o site do próprio Inmetro o programa tem como finalidade auxiliar o consumidor na escolha de produtos com melhor desempenho e economia, e cumprir assim Plano Nacional de Eficiência Energética.

Segundo o site do programa PBE Edifica o Programa Nacional de Etiquetagem de Edificações nasceu a partir da cooperação mútua entre a Eletrobrás e o Programa Nacional de Conservação Energética (PROCEL) com o Inmetro e a academia brasileira, com destaque para a Universidade Federal de Santa Catarina. O início do Programa de Etiquetagem de Edificações ocorreu através da Lei nº 10.295, promulgada em 17 de outubro de 2001. Conhecida como Lei da Eficiência Energética, ela dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e visa desenvolver, difundir e estimular a eficiência Energética no País.

A etiqueta desenvolvida pelo programa para a avaliação do desempenho térmico das edificações segue os padrões da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), classificando os equipamentos, veículos e edificações em faixas coloridas, em geral de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente), e fornece outras informações relevantes. As etiquetas podem ser obtidas para edificações comerciais, de serviços e públicas e edificações residenciais.

Para obter a etiqueta em uma edificação é necessário contratar um Organismo de Inspeção Acreditado, que consiste de pessoas jurídicas cuja competência é reconhecida pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro.

O processo de etiquetagem de residências tem como diretrizes o Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações (RAC) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

O RTQ-R é o principal guia do desenvolvimento deste projeto, sendo que o mesmo contém todos os métodos e cálculos para a obtenção de uma nota de desempenho da edificação e a ENCE equivalente.

Todos os dados exibidos durante este trabalho são obtidos através da planilha de cálculo disponibilizada no site do PBE Edifica, sendo decisões justificadas através das normas do RTQ-R quando necessário.

Figura 3 - Modelo de Etiqueta Residencial



Fonte: RAC (2013)

4. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DE ARARANGUÁ

Araranguá é uma cidade litorânea, localizada no sul do estado de Santa Catarina (28° 56' 06" S 49° 29' 09" O). O município é cortado pelo Rio Araranguá o qual dá nome a cidade e banhado pelo mar no balneário Morro dos Conventos, uma das principais atrações turísticas da cidade. A cidade possui, segundo dados do IBGE do ano de 2016, 66.442 habitantes, em uma área total de 303.299 km².

Em agosto de 2009 foi inaugurado na cidade um campus da Universidade Federal de Santa Catarina, oferecendo 4 cursos de graduação: Engenharia de Computação, Engenharia de Energia, Fisioterapia e Tecnologias da Informação e Comunicação, com inclusão de um curso de medicina previsto para o segundo semestre de 2018.

4.1 Justificativa

Durante os últimos anos Araranguá se beneficiou da conclusão de duas grandes obras federais: a instalação do campus da Universidade Federal de Santa Catarina em seu território e o desvio e duplicação da BR-101, a qual corta a cidade.

Ambas as obras se deram em regiões antes pouco valorizadas do território araranguaense, e por sua natureza criaram uma nova demanda de obras residenciais e comerciais em seu entorno.

Destaca-se neste quesito a obra de desvio e duplicação da BR-101, que permitiu fácil acesso a uma região antes quase isolada e de baixo interesse construtivo para as grandes empresas. Com a implantação de novas vias de acesso, esta nova região de interesse teve uma rápida expansão com a possibilidade de novos loteamentos residenciais se desenvolverem em seus entornos, gerando assim grande demanda de projetos que se beneficiam do Programa Minha Casa Minha Vida.

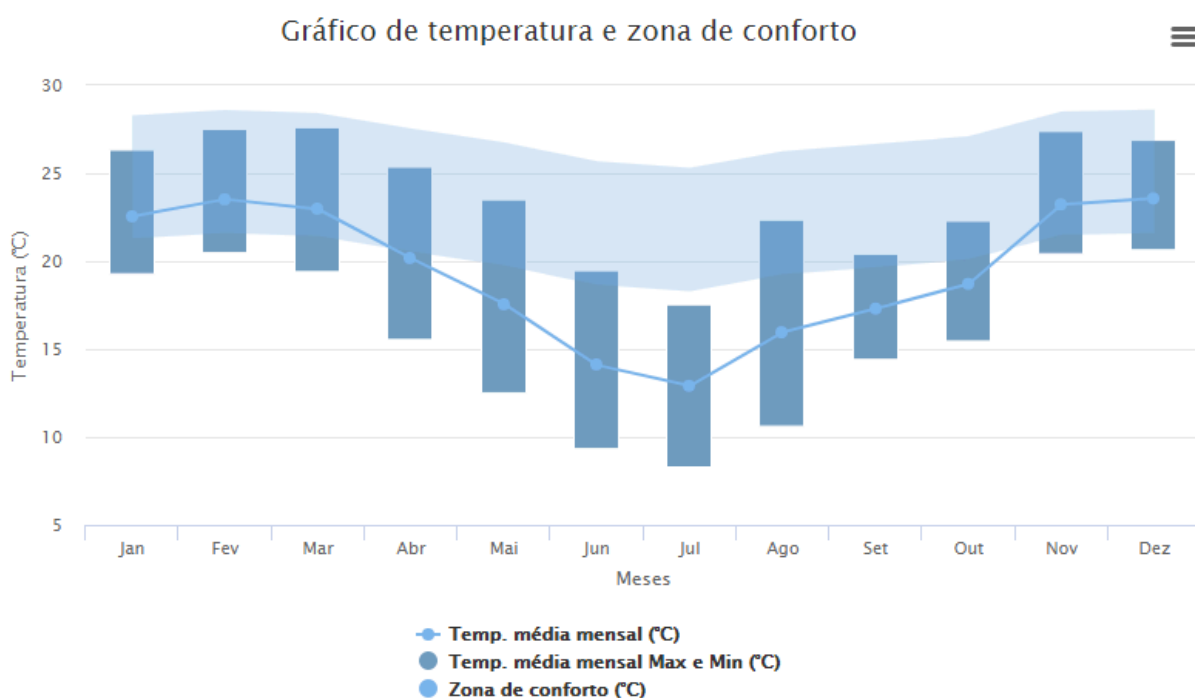
4.2. Análise Bioclimática

Os dados climáticos de Araranguá foram obtidos com ajuda do ProjetEEE, um banco de dados criado pelo Projeto 3E, o qual tem como objetivo incentivar melhorias no uso dos recursos energéticos pela sociedade e influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações. O site conta com as caracterizações

climáticas de mais de 400 cidades brasileiras, baseados em dados anuais de temperatura e conta também com indicações de estratégias bioclimáticas mais apropriadas para cada região.

Com os dados fornecidos pelo ProjetEEE temos conhecimento que a cidade de Araranguá está em situação de conforto em apenas 14,35% das horas do ano, sofrendo com desconforto por calor em 34,3% das horas e o frio sendo o maior gerador de desconforto com 51,35% das horas do ano.

Figura 4 - Situação Climática de Araranguá



Fonte: ProjetEEE

As principais estratégias bioclimáticas indicadas para o melhor desempenho e conforto térmico são a inércia térmica para aquecimento, podendo ser utilizada em 36,64% das horas do ano, a ventilação natural, aplicável em 33,46% das horas do ano, sendo maior parte delas durante o período do verão, e o sombreamento, aplicável em 16,02% das horas do ano, também predominantemente no verão.

Tais estratégias serão levadas em conta quando propostas de mudanças forem feitas na arquitetura e materiais construtivos das residências.

4.3 Zoneamento Bioclimático

O território brasileiro tem seu clima mapeado e dividido em zonas bioclimáticas. Estas zonas não seguem as divisões políticas ou econômicas e dividem o Brasil pela sua homogeneidade quanto ao clima, sendo considerados 3 fatores principais: as médias mensais das temperaturas máximas, as médias mensais das temperaturas mínimas, e as médias mensais das umidades relativas do ar. Com isso é possível que um mesmo estado seja classificado em diferentes zonas bioclimáticas, ou que cidades próximas entre si estejam em diferentes zonas.

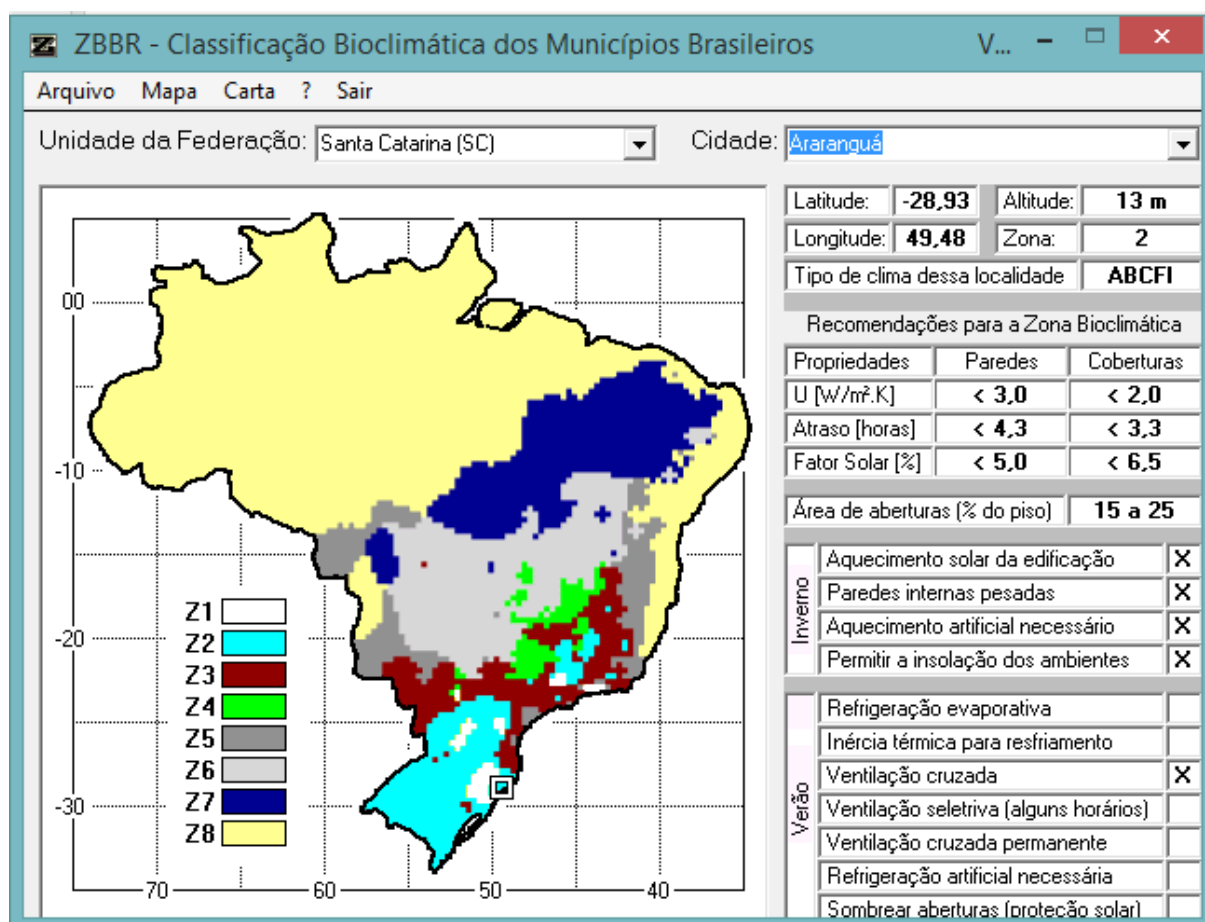
A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da ABNT NBR 15220-3 de 2005, "Desempenho térmico de edificações - Parte 3", apresenta o Zoneamento bioclimático brasileiro e classifica o território brasileiro em 8 zonas com as respectivas recomendações e estratégias construtivas para habitações unifamiliares de interesse social nas diferentes zonas.

Estas diretrizes construtivas recomendadas se referem à:

- 1- Dimensões das aberturas para ventilação
- 2- Proteção das aberturas
- 3- Vedações externas (tipos de cobertura, tipos de parede e piso)
- 4- Estratégias de condicionamento térmico passivo

Segundo o Anexo A da NBR 15220-3 de 2005 e com auxílio do software de Zoneamento Bioclimático do Brasil (ZBBR) desenvolvido pelo professor Maurício Roriz e disponível no site do LabEEE é possível identificar que Araranguá se localiza na Zona Bioclimática 2 e deve seguir as diretrizes mostradas abaixo durante as modificações propostas.

Figura 5 - Zoneamento Bioclimático de Araranguá



Fonte: ZBBR / NBR 15220-3 (2015)

4.4 Determinações da NBR 15.575

A NBR 15.575 é responsável por dar normativas quanto ao desempenho das edificações e especifica desempenhos mínimos a serem cumpridos pelos materiais construtivos da residência para sua aprovação.

Para as paredes externas na ZB2 a transmitância deve ser igual ou menor a 2,5 W/m².K, e a capacidade térmica deve ser superior a 130 kJ/m².K.

Figura 6 - Transmitância Máxima de Paredes Externas segundo a NBR 15.575

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ^a ≤ 0,6	α ^a > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
a - α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15.575

Figura 7 -Capacidade Térmica Mínima de Paredes Externas segundo a NBR 15.575

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem requisito	≥ 130

Fonte: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15.575

Para a cobertura a norma exige uma transmitância máxima de 2,3 W/m² conforme a tabela abaixo.

Figura 8 - Transmitância Máxima para a Cobertura segundo a NBR 15.575

Transmitância térmica (U) W/m ² .K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ¹⁾		Nível de desempenho
U ≤ 2,3	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	α ¹⁾ ≤ 0,6	α ¹⁾ > 0,6	α ¹⁾ ≤ 0,4	α ¹⁾ > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	

Fonte: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15.575

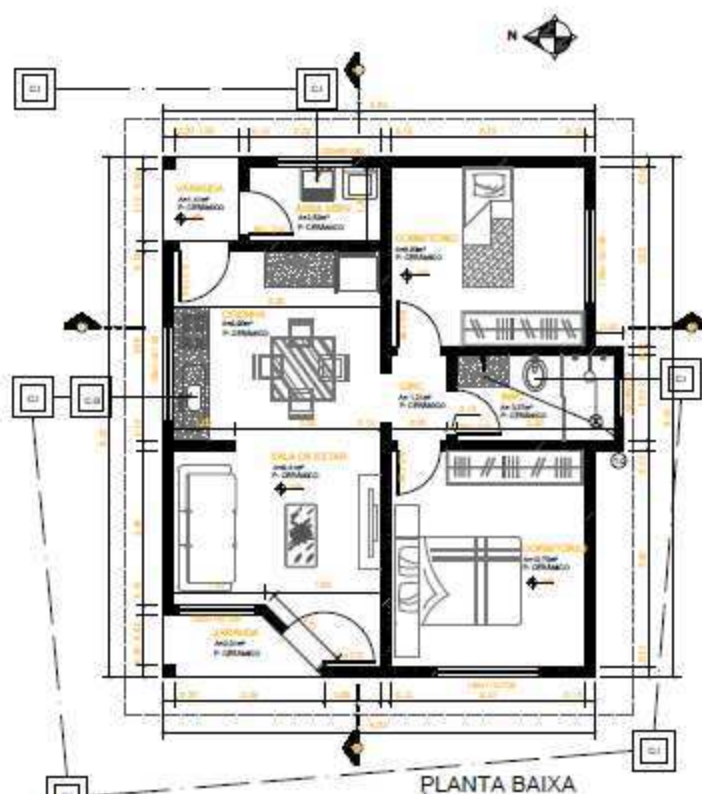
5 OBJETOS DO ESTUDO

Para esta análise serão analisados os projetos de seis residências, sendo três delas contendo dois quartos e três delas contendo três quartos, todas elas se encontram em loteamentos com predominância de residências do PMCMV, e foram projetadas por um mesmo responsável técnico.

5.3 Residências de dois Quartos

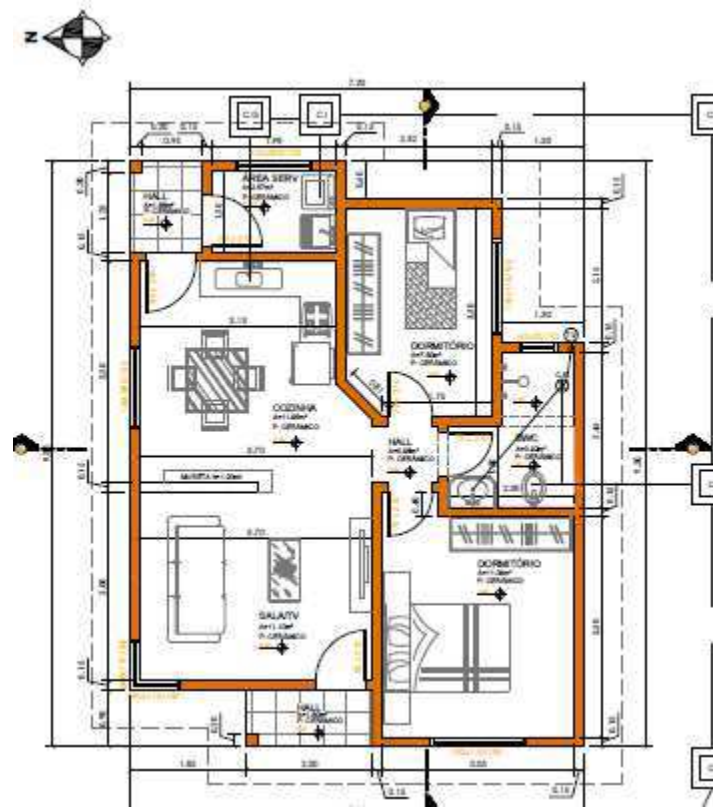
Estas residências contam com três diferentes áreas de permanência prolongada segundo o RTQ-R, sendo elas a área que engloba Sala e Cozinha, o Quarto Maior e o Quarto Menor. Existem também um banheiro ventilado naturalmente e uma área de serviço. Os projetos variam de 57,25 m² a 60,04 m² totais.

Figura 9 - Residência de dois quartos -1



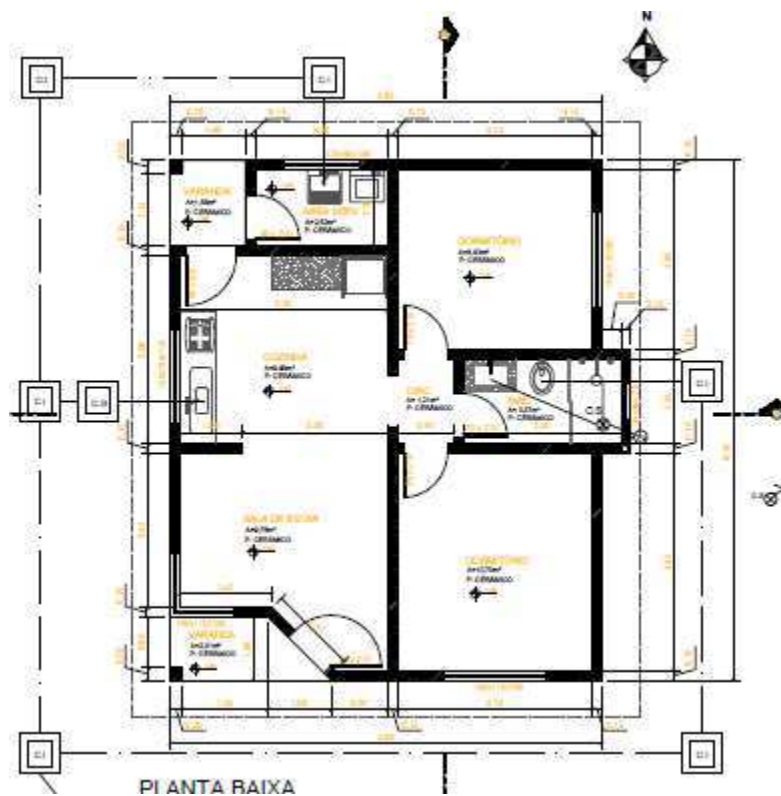
Fonte: Projeto

Figura 10 - Residência de dois quartos - 2



Fonte: Projeto

Figura 11 - Residência de dois quartos - 3

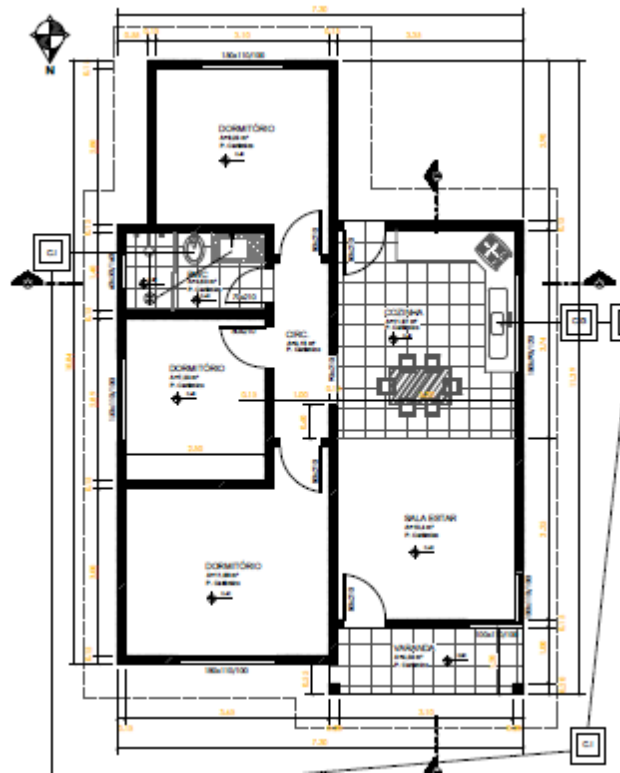


Fonte: Projeto

5.4 Residências de três Quartos

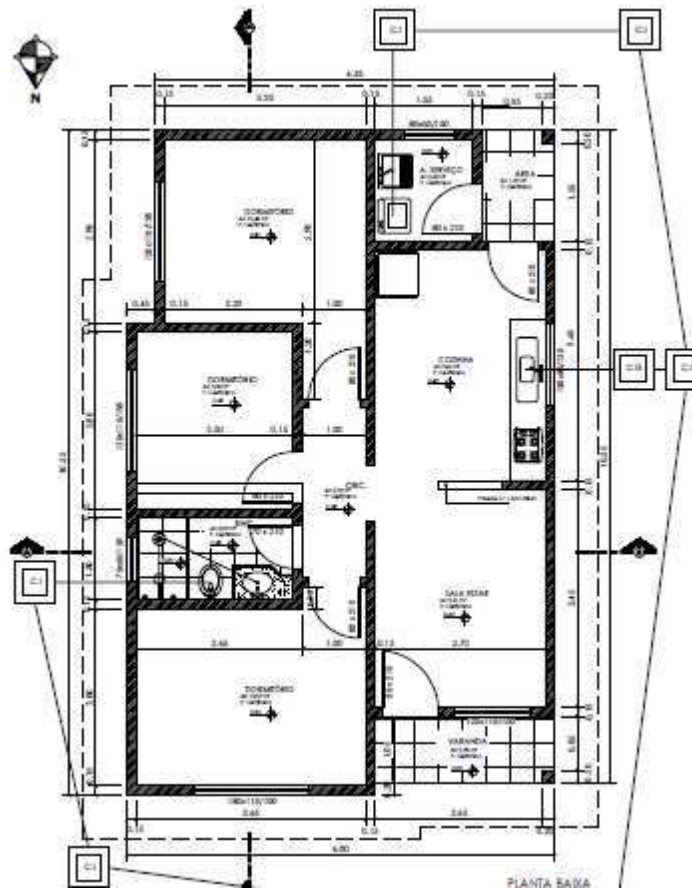
Estas residências contam com quatro diferentes áreas de permanência prolongada segundo o RTQ-R, sendo elas a área que engloba Sala e Cozinha, o Quarto menor, o Quarto Médio e o Quarto Maior. Existe pelo menos um banheiro ventilado em cada residência, sendo um dos projetos com dois banheiros, ambos ventilados naturalmente. Os projetos variam de 69,72 m² a 72,97 m² totais.

Figura 12 - Residência de três quartos - 1



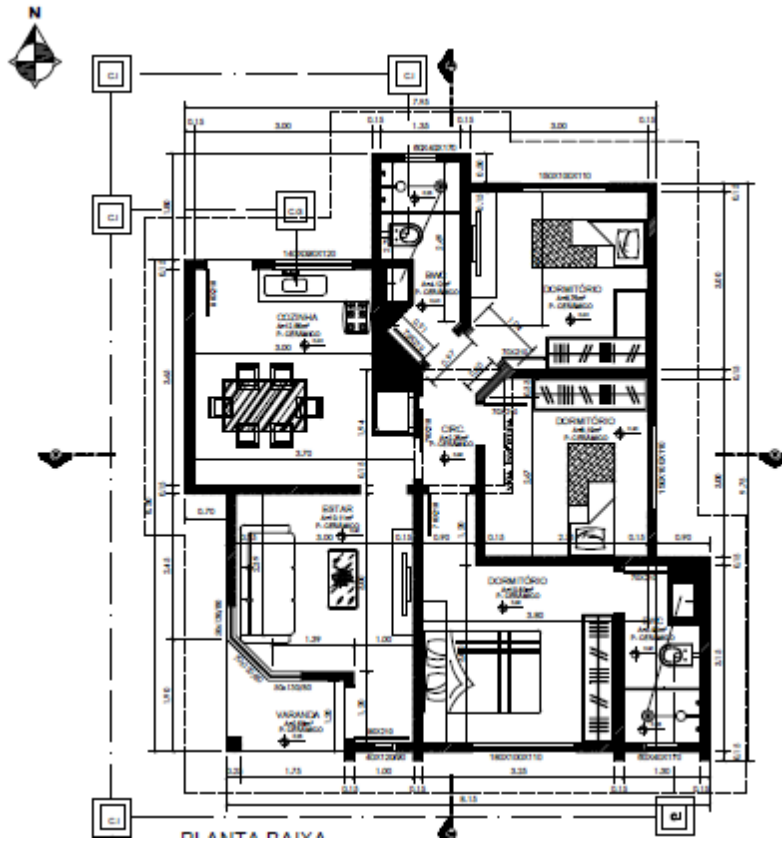
Fonte: Projeto

Figura 13 - Residência de três quartos - 2



Fonte: Projeto

Figura 14 - Residência de três quartos - 3



Fonte: Projeto

6 METODOLOGIA

Para a avaliação do desempenho das residências é utilizado o método prescritivo proposto no RTQ-R, o qual avalia 3 diferentes sistemas do edifício através de notas baseadas na sua envoltória, aquecimento de água e bonificações. Através deste método a unidade habitacional é classificada com uma pontuação composta por números e conceitos equivalentes, que variam de 1,00 – “E” a 5,00 – “A”, sendo “E” a pior e “A” a melhor classificação.

Como os projetos não possuem nenhum detalhamento como tabelas de esquadrias, descrição dos materiais construtivos a serem utilizados ou tipos de aberturas e vidros a serem utilizados nas residências estes foram definidos baseando-se no material disponível nos anexos V do RAC e II do RTQ-R e no conhecimento prévio do autor de residências semelhantes.

Para avaliar o maior potencial de ganho possível destas residências, estas foram testadas em diferentes configurações, sendo o estado inicial das unidades habitacionais considerados como a pior combinação de materiais construtivos escolhidas de acordo com o Anexo V do RAC e com o projeto arquitetônico original. Após uma nota ser definida para esta configuração, mudanças serão testadas e avaliadas buscando melhorar ao máximo o desempenho das residências.

6.3.1 Envoltória

Conforme o regulamento do RTQ-R e a zona bioclimática 2 (ZB2) na qual a cidade se localiza, 65% do peso da avaliação do desempenho térmico é atribuído a envoltória, sendo ela assim a maior responsável pela nota final da unidade habitacional.

Os projetos utilizados não especificam nenhum tipo de material construtivo, estipulando apenas uma espessura total de parede de 15 centímetros. Para a determinação da transmitância, capacidade térmica e absortância dos elementos construtivos foi utilizado o Anexo V do RAC, o qual contém uma lista de diferentes materiais e suas propriedades.

A escolha dos melhores e piores materiais construtivos utilizados foi baseada no conhecimento prévio do autor dos materiais utilizados em obras semelhantes. Para as paredes limitou-se a escolha para paredes de blocos cerâmicos, com reboco nas duas faces e sem nenhum tipo de camada isolante. Para o telhado apenas telhas de

fibrocimento e cerâmicas, em conjunto com forros de PVC ou madeira foram considerados primeiramente.

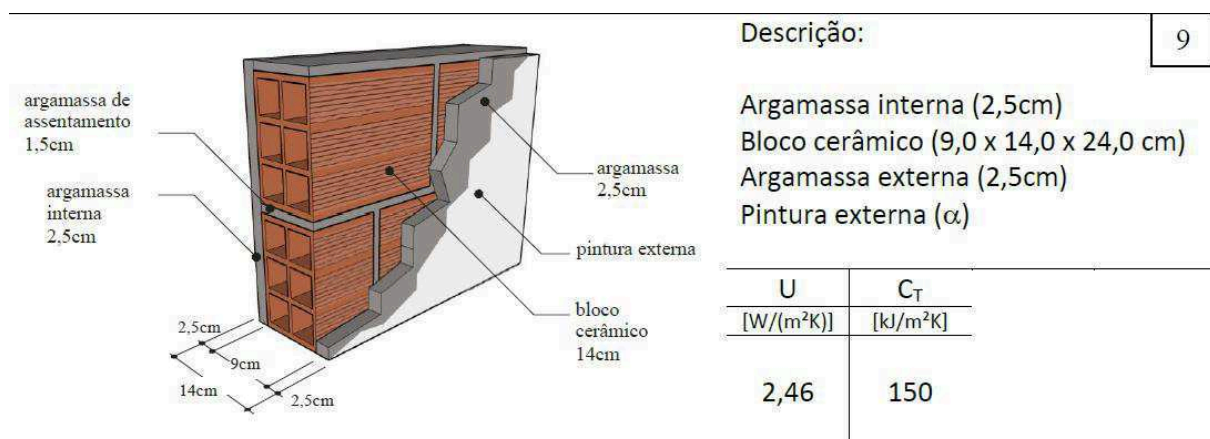
- Paredes

Como já mencionado, a única especificação de projeto é de uma espessura de parede de 15 centímetros, e o conhecimento do autor sobre obras projetos semelhantes indica a utilização de reboco nas duas faces da parede.

Por ser a mais semelhante ao indicado em projeto a parede ref. 9 do anexo V do RAC foi tomada como situação inicial, com espessura de 14 centímetros e reboco nas duas faces.

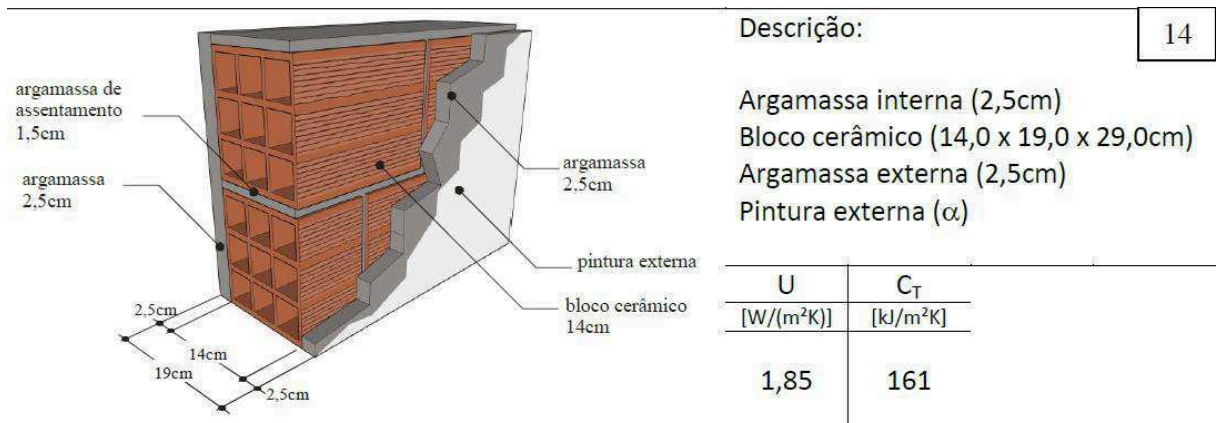
Mantendo a configuração inicial de apenas blocos cerâmicos e reboco, a parede que apresenta melhor desempenho é a de 19 centímetros de espessura, ref.14 do anexo V do RAC, considerada aqui como a utilização do tijolo “deitado”. Esta escolha vai de acordo com a análise bioclimática e a indicação de um aumento de massa térmica da residência.

Figura 15 - Paredes no estado Inicial



Fonte: Anexo V – RAC (2013)

Figura 16 - Paredes com Novo Material Construtivo

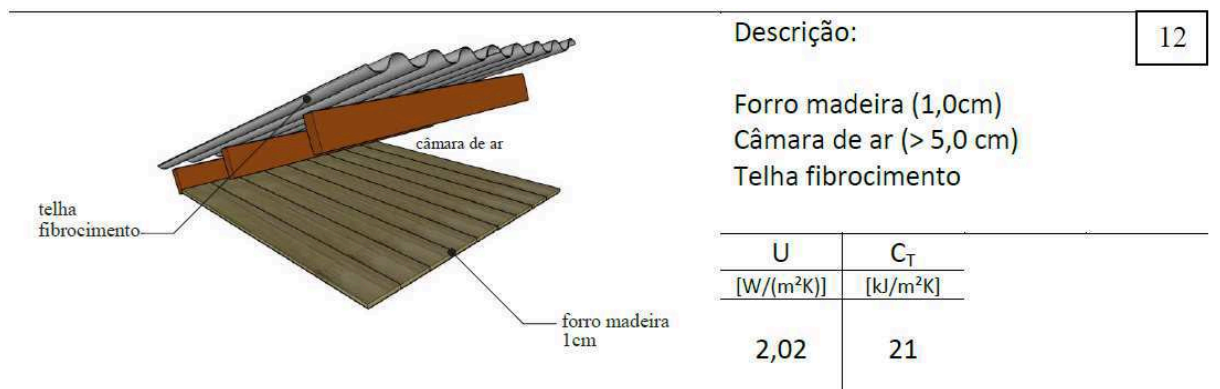


Fonte: Anexo V – RAC (2013)

- Coberturas

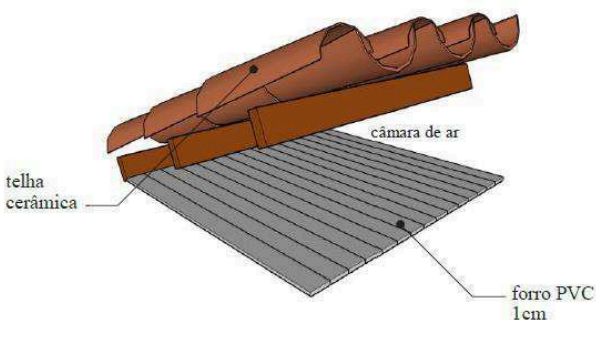
Tanto o projeto quanto o conhecimento do autor levam à utilização de uma cobertura sem laje, com telhas e forro. Serão utilizadas uma cobertura com forro de madeira e telha de fibrocimento na configuração Inicial, e uma cobertura com forro de PVC e telha cerâmica na melhor configuração (ref. 12 e 6 do Anexo V do RAC respectivamente).

Figura 17 - Coberturas no Estado Inicial



Fonte: Anexo V – RAC (2013)

Figura 18 - Coberturas com Novo Material Construtivo

 <p>telha cerâmica</p> <p>câmara de ar</p> <p>forro PVC 1cm</p>	<p>Descrição:</p> <p>Forro PVC (1,0cm)</p> <p>Câmara de ar (> 5,0 cm)</p> <p>Telha cerâmica</p>	6					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1,75</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,75	21
U	C _T						
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]						
1,75	21						

Fonte: Anexo V – RAC (2013)

- Cor e Absortância

A cor das paredes e coberturas não é especificada em projeto e podem variar muito de uma residência, por isso é será usado um valor de absortância de 0,7, equivalente ao de uma cor escura, para a cobertura e paredes no estado inicial. Para a situação de melhor desempenho foi utilizado um valor de absortância de 0,3, equivalente ao de uma cor clara. Para fins de referência de cores o Anexo V do RAC apresenta as cores Concreto e Marfim com valores de absortância variando em torno de 0,7 e 0,3, respectivamente, conforme o tipo de tinta utilizado.

- Janelas

Os projetos não contam com tabelas de esquadrias que especifiquem dimensões e tipos de janelas a serem utilizadas, por isso os tipos de janelas foram definidos baseando-se no pouco mostrado nas elevações das fachadas e no conhecimento do autor de residências já executadas.

As janelas que apresentam todas as folhas de vidro foram consideradas como janelas de correr, e tiveram seus fatores de iluminação e ventilação extraídos do Anexo II do RTQ-R, que fornece uma tabela de descontos de esquadrias. O tipo de janela adotada será especificado em cada caso.

Para as janelas que apresentam duas folhas de correr com vidro na área central e duas folhas de venezianas nas laterais, como apresentado no detalhe abaixo, foi considerado um fator de ventilação de 40% e iluminação de 35%. Isto foi feito tendo em consideração a sua semelhança com a janela N°5 do Anexo II, porém com o fator de iluminação diminuído pela metade, visto que duas das folhas de vidro são substituídas por venezianas.

Figura 19 - Detalhe de Janela Utilizada nos Projetos



Fonte: Projeto

Para a situação inicial serão utilizadas as janelas com medidas originais de projeto e fatores de iluminação e ventilação como descritos acima. Para a simulação de melhor situação serão utilizadas janelas com mudanças nas dimensões e tipos de abertura, visando satisfazer os critérios de áreas mínimas para ventilação e iluminação definidos pelo Zoneamento da NBR 15220-3.

Para o sombreamento nos projetos originais as janelas foram consideradas sem dispositivos que permitam seu fechamento completo na pior situação. Na melhor situação todas foram consideradas passíveis de sombreamento total.

- Vidros

Como se localizam na Zona Bioclimática 2 a transmitância dos vidros das residências é levada em conta na pontuação final.

Para a obtenção dos valores de transmitância foi utilizada o catálogo de propriedades térmicas de vidros disponibilizado no Anexo V do RAC.

Para a pior situação foi considerado um vidro com transmitância de 5,792 W/m²K e para a melhor situação um vidro com transmitância de 3,139 W/m²K.

6.3.2 Aquecimento de água

Conforme o regulamento do RTQ-R e a zona bioclimática 2 (ZB2) na qual a cidade se localiza, 35% do peso da avaliação do desempenho térmico é atribuído ao sistema de aquecimento de água da unidade habitacional.

As unidades habitacionais estudadas neste trabalho contam com um sistema de aquecimento de água realizado por chuveiro elétrico, e segundo o RTQ-R devem ter sua classificação determinada segundo a potência do chuveiro:

- D (2,0), para aparelhos com potência menor ou igual a 4.600 W
- E (1,0), para aparelhos com potência maior que 4.600 W

Devido ao clima frio característico da cidade de Araranguá, localizada na ZB2 e com 51,35% das horas do ano em situação de desconforto por frio, será considerada a utilização de um chuveiro com potência acima de 4.600 W, gerando um nível de eficiência energética “E” e pontuação 1.00 para o sistema de aquecimento de água.

É importante notar que por ser responsável por cerca de um terço da pontuação total, este item irá sempre gerar uma queda na classificação final da residência. Por isso, na melhor situação, uma simulação será feita considerando o sistema de aquecimento de água em diferentes categorias para avaliar o potencial de ganho que as unidades habitacionais podem ter com a melhora desse sistema.

Pode-se notar também que embora uma potência menor do chuveiro possa gerar um nível de eficiência energética melhor para a residência ele vai contra o conforto dos moradores, visto que as residências se localizam em uma região fria, por isso o sistema de aquecimento solar de água é o mais indicado para a melhoria deste sistema. O sistema de aquecimento solar embora não utilizado nestes projetos se tornou obrigatório no PMCMV, e atualmente as residências devem ser entregues com o sistema devidamente projetado e instalado.

6.3.3 Bonificações

Segundo o RTQ-R as bonificações são dadas para iniciativas que aumentem a eficiência energética da unidade habitacional, e podem chegar a acrescentar até 1 (um) ponto na classificação final da residência.

Entre as bonificações estão relações de profundidades dos ambientes, uso ou não de dispositivos especiais que ofereçam melhoria no desempenho de ventilação e iluminação natural dos apartamentos, uso racional de água, presença ou não de condicionadores de ar, entre outras bonificações descritas no RTQ-R.

Para a pior situação foram consideradas apenas as bonificações que são inerentes ao projeto arquitetônico, como índices de porosidade da unidade habitacional e relações de profundidade dos ambientes. Para a melhor situação será considerada a entrega da residência para o cliente com a possível utilização de equipamentos que gerem o ganho de bonificações, como lâmpadas com selo PROCEL ou equipamentos com ENCE nível A por exemplo.

7 RESULTADOS DAS UNIDADES HABITACIONAIS

Este capítulo apresenta o processo de cálculo de uma UH exemplo, demonstrando o processo utilizado nas avaliações e justificando as decisões tomadas. Após isto são apresentados os resultados das notas de desempenho de todas as UH analisadas no seu estado Inicial.

Para a avaliação do desempenho térmico das Unidades Habitacionais será utilizado o método prescritivo descrito na RTQ-R, utilizando-se da planilha de cálculo do desempenho da UH fornecida no site do ProjetEEE, a qual automatiza todos os processos de cálculo do método.

Será tomada como exemplo a residência de dois quartos – 01, apresentada no Anexo I – A.

7.3 Avaliação da UH exemplo

Antes do início do preenchimento da tabela foi realizado um levantamento de todas as aberturas presentes na unidade habitacional, permitindo o rápido acesso às suas dimensões, fatores de iluminação e ventilação, e conseqüentemente áreas úteis para iluminação e ventilação. As janelas foram referenciadas conforme o Anexo II do RTQ-R quando existentes.

Tabela 1 - Tabela de Esquadrias UH 2 Quartos-1

Local		Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref
APP	Fachada	Dimensões (m)		Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent	Anexo II
Quarto Menor	Sul	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Oeste	1,1	1,6	1,76	0,35	0,40	0,62	0,70	-
Sala	Norte	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
	Oeste	1,1	1,2	1,32	0,80	0,45	1,06	0,59	2
Áreas Totais ->				2,97	Vent Média	0,42	1,63	1,25	
Não APP									
Banheiro	Sul	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	8
Área Serviço	Leste	1,2	0,8	0,96	0,8	0,8	0,77	0,77	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
0,66	0,85	0,77	1,30

Fonte: Autor

7.3.1 Ambientes de Permanência Prolongada (APP)

São considerados pelo RTQ-R como APP:

Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados. Não são considerados ambientes de permanência prolongada: cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, solarium, garagem, dentre outros que sejam de ocupação transitória. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

Para a Unidade Habitacional em exemplo estes ambientes são a área que engloba a Sala, Cozinha e Circulação, o Quarto Menor e o Quarto Maior. Para as edificações de 3 quartos existe uma quarta APP chamada Quarto Médio.

A residência possui contato com o solo e também possui cobertura, recebendo valor 1 nesse quesito. Como não está sobre pilotis recebe o valor 0 (zero) neste quesito.

As paredes externas de todos os ambientes estão sendo consideradas na situação inicial, com valores de Capacidade Térmica e Transmitância segundo a parede ref. 9 do Anexo V do RAC, e foram consideradas com absortância 0,7.

A cobertura de todos os ambientes foi considerada na situação inicial, com valores de Capacidade Térmica e Transmitância segundo a cobertura ref. 12 do Anexo V do RAC, e foi considerada com absortância 0,7.

Efetuando uma média ponderada da capacidade térmica das paredes e cobertura temos um valor final acima de 50 kJ/m²K e abaixo de 250 kJ/m²K em todos os ambientes, sendo assim ambos os quesitos CT alta e CT baixa são considerados 0 (zero).

As áreas de paredes externas e internas foram retiradas do projeto com ajuda do software AutoCad.

As áreas das aberturas foram retiradas do projeto com ajuda do software AutoCad e suas características foram consideradas segundo descrito na metodologia e listados na tabela acima.

As paredes não possuem nenhum tipo de isolamento, o vidro foi considerado simples, com valor igual a 0 (zero) no quesito vidro duplo, e com transmitância igual a 5.792 W/m²K.

As pontuações e classificações dos ambientes podem ser vistas na imagem abaixo.

Tabela 2 - Desempenho das APP da UH

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Menor
	Área útil do APP	21,14	10,70	8,83
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0
Cobertura	Ucob	2,02	2,02	2,02
	CTcob	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70
Paredes Externas	Upar	2,46	2,46	2,46
	CTpar	150,00	150,00	150,00
	αpar	0,70	0,70	0,70
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0
	CTalta	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	13,47	0,00	0,00
	SUL	0,00	9,32	6,05
	LESTE	1,15	0,00	8,37
	OESTE	7,02	6,61	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	1,65	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	1,65
	LESTE	0,00	0,00	0,00
	OESTE	1,32	1,76	0,00
Características das Aberturas	Fvent	0,42	0,40	0,40
	Somb	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	49,37	33,61	28,80
	Pé Direito	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,128	0,252	0,306
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	0	0	0
	vid	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E 10488	E 10060	E 9098
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	A 15,405	B 22,179	B 24,406
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica 0,000	D 19,503	D 20,980

Fonte: Autor

7.3.2 Pré-requisitos da Envoltória

Após os cálculos dos indicadores é necessária a verificação do cumprimento dos pré requisitos das envoltórias para a Zona Bioclimática 2.

- Pré-requisito de transmitância e capacidade térmica

Tendo como base a tabela 3.1 do RTQ-R, pode-se observar que a ZB2 exige uma capacidade térmica de no mínimo 130kJ/(m²K) para as paredes e uma transmitância máxima de 2,50W/(m²K) e 2,30W/(m²K) nas paredes e cobertura respectivamente.

Figura 20 – Pré Requisitos da ZB2

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar	Transmitância térmica	Capacidade térmica
		(adimensional)	[W/(m²K)]	[kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência

Fonte: NBR 15.575-4 (2013)

Caso este pré-requisito não seja cumprido uma nota máxima “C” poderá ser atingida nos equivalentes numéricos para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

- Pré-requisitos de Ventilação e Iluminação

Como apresentado na Tabela 3.2 do RTQ-R, a área mínima de ventilação deve ser igual ou maior que 8% da área da APP.

Figura 21 – Áreas Mínimas de Ventilação

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (A)		
	ZB 1 a ZB 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$

Fonte: NBR 15.575-4 (2013)

Para a iluminação a área mínima deve ser igual ou maior a 12.5% da área da APP como descrito no RTQ-R.

“3.1.1.3 Iluminação natural

O acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% da área útil do ambiente.”

O não cumprimento desses pré-requisitos gera uma nota máxima “C” nos equivalente numérico para resfriamento no caso de não conformidade com a área mínima para ventilação e nos equivalentes de resfriamento, aquecimento e refrigeração no caso de falha na área mínima de iluminação.

Como pode ser observado na tabela abaixo todas as APP da residência exemplo falharam nos quesitos de áreas mínimas para ventilação e iluminação.

Tabela 3 - Pré-Requisitos por Ambiente da UH

Pré-requisitos por ambiente				
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	150	150	150
		Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Sim	Sim	Sim
		Não	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Sim	Não	Não
		19,93		
	Iluminação Natural	1,63	0,62	0,58
		8,18	5,79	6,57
		não	não	não
	Ventilação Natural	1,25	0,7	0,66
		6,27	6,54	7,47
		Não	Não	Não
		Projeto	Projeto	Projeto
		Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não
Sim		Sim	Sim	

Fonte: Autor

7.3.3 Pré-requisitos da Unidade Habitacional

Esta verificação tem como objetivo verificar os pré-requisitos básicos para o funcionamento da residência, sendo eles a medição individualizada de água e energia, cujo não cumprimento acarreta em uma nota máxima “C” para a unidade habitacional, o funcionamento sob regime de ventilação cruzada, cujo não cumprimento permite uma nota máxima “C” para equivalente numérico para resfriamento e a presença de ventilação natural em pelo menos 50% dos banheiros, cujo não cumprimento permite uma nota máxima “C” no equivalente numérico da envoltória.

- Medição de água e energia

A residência é a única no lote e possui sistema individual de medição de água e energia, satisfazendo este pré-requisito.

- Ventilação cruzada

Para ser considerada em funcionamento sob regime de ventilação cruzada a unidade habitacional deve satisfazer a equação 3.5 do RTQ-R, a qual determina que a soma das áreas efetivas das janelas em 3 das fachadas restantes devem superar 25% da área de aberturas da fachada com maior área de ventilação.

Os resultados da análise dos pré-requisitos da unidade habitacional em estudo podem ser vistos na imagem abaixo.

Tabela 4 - Pré-Requisitos gerais da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0,66
		Área Aberturas orientação Sul	0,85
		Área Aberturas orientação Leste	0,77
		Área Aberturas orientação Oeste	1,3
		A2/A1	1,753846154
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Autor

7.4 Análise do sistema de aquecimento de água

Segundo o item 3.2.2.4 do RTQ-R temos que a classificação do sistema de aquecimento de água segue a seguinte classificação para chuveiros elétricos:

- D, para aparelhos com potência $P \leq 4.600 \text{ W}$;
- E, para aparelhos com potência $P > 4.600 \text{ W}$

Como o chuveiro utilizado possui potência acima de 4.600W, devido ao frio da região a classificação do sistema de aquecimento recebe nota 1,00 e conceito “E”.

7.5 Bonificações.

O sistema de bonificações se divide em três áreas principais, bonificações por ventilação natural, que geram até 0,4 pontos, bonificações por iluminação natural, que geram até 0,3 pontos, e outras bonificações que englobam uso racional de água, uso

de equipamentos para iluminação e resfriamento com ENCE A, entre outros, e geram até 0,3 pontos, totalizando assim no possível ganho de até 1,00 ponto sobre a nota final da unidade habitacional.

Para a casa em estado inicial apenas as bonificações de ventilação e iluminação serão verificadas, visto que a residência é supostamente entregue com nenhum equipamento instalado.

A unidade habitacional não satisfaz nenhum dos critérios para as bonificações por ventilação.

Tabela 5 - Bonificações de Ventilação Natural na UH

Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m ²)	0,66
		AATVS (m ²)	0,85
		AATVL (m ²)	0,77
		AATVO (m ²)	1,3
		ATFN (m ²)	19,71
		ATFS (m ²)	23,38
		ATFL (m ²)	19,71
		ATFNO (m ²)	19,71
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	3,3%
		Porosidade Sul	3,6%
		Porosidade Leste	3,9%
		Porosidade Oeste	6,6%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		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

Fonte: Autor

Todos os ambientes satisfazem o critério de profundidade de ambientes, garantindo assim 0,2 pontos de bonificação. O índice de refletância do teto não pode ser garantido como superior a 0,6 na condição inicial da residência, portanto nenhuma bonificação foi ganha neste quesito, como pode ser observada na tabela abaixo.

A pontuação da UH é calculada através do item 2.3.1 do RTQ-R, o qual determina a equação a ser usada e fornece os valores do coeficiente “a” a serem considerados para cada região do Brasil.

Para a região sul o coeficiente a ser adotado é 0,65, gerando a seguinte equação:

$$PT_{uh} = (0,65 \times \text{EqNumEnv}) + (0,35 \times \text{EqNumAA}) + \text{Bonificações}$$

Onde:

PT_{uh} : Pontuação total final da unidade habitacional

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional, visto no item 6.1.

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, visto no item 6.2

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, visto no item 6.3

Gerando uma nota final da UH igual a 1,93 e conceito equivalente “D”, como visto na imagem abaixo.

Tabela 6 - Desempenho da UH Exemplo

Pontuação Total	Identificação	2 Quartos - 1
	Envoltória para Verão	E 1,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D 2,00
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1,93

Fonte: Autor

7.6 Resultados

É perceptível durante a análise a diminuição causada nos níveis de eficiência energética após a verificação dos pré-requisitos das envoltórias. O fato de muitas destas áreas falharem no quesito de áreas mínimas para ventilação e iluminação limita suas notas máximas em “C”.

Todas as unidades habitacionais do estudo obtiveram um total de 0,2 pontos de bonificação sobre sua nota final, provenientes da bonificação de iluminação que avalia a profundidade dos ambientes. Nenhuma unidade habitacional recebeu bonificação por ventilação.

As notas obtidas para as unidades habitacionais variaram entre 1,93 a 2,15 no seu estado inicial, recebendo conceito “D”, conforme pode ser visto na tabela abaixo.

Tabela 7 - Notas de Desempenho das UH no estado Inicial

		Inicial
2 Quartos	1	1,93
	2	1,93
	3	2,12
	Média	1,99
3 Quartos	1	1,93
	2	1,93
	3	2,15
	Média	2,00

Fonte: Autor

8 RESULTADOS DAS MODIFICAÇÕES

Com os resultados da situação inicial é possível identificar que todas as unidades habitacionais possuem áreas de permanência prolongada cujas áreas de ventilação e iluminação não satisfazem os mínimos exigidos. Com isso as notas para as envoltórias de resfriamento, aquecimento e refrigeração dessas áreas ficam limitadas a 3,00 e conceito “C”, diminuindo a nota final da unidade habitacional.

A primeira modificação será a adequação das áreas de iluminação e ventilação aos mínimos exigidos, evitando assim a perda de desempenho e pontuação. Para isto serão aplicadas novas dimensões para as aberturas, e/ou mudanças no tipo de abertura nas áreas de permanência prolongada. As localizações das aberturas também poderão sofrer mudanças, visando melhorar a ventilação cruzada e posicionar as janelas em fachadas com melhor iluminação durante o dia. A mudança de posicionamento de janelas é feita também tendo em consideração as estratégias sugeridas pela análise do ProjetEEE, que propõe estratégias de ventilação cruzada como um dos principais meios de melhorar o conforto térmico para esta zona bioclimática.

A modificação do material construtivo, de cor e aplicação de sombreamento em todas as aberturas será realizada apenas após as limitações causadas pelas áreas das aberturas serem corrigidas, desta forma o ganho de desempenho pode ser obtido por completo. A mudança de material construtivo leva em conta a estratégia sugerida pelo ProjetEEE de aumentar a inércia térmica para aquecimento, e busca aumentar a capacidade térmica dos materiais utilizados sempre que possível.

Após estas mudanças a unidade habitacional foi avaliada quando utilizado de vidros duplos, melhorias na iluminação e diferentes níveis de aquecimento de água, visando averiguar o potencial de melhora do desempenho da unidade habitacional por completo.

As modificações serão aplicadas de maneira cumulativa, buscando melhorar ao máximo o desempenho das UH.

8.3 Modificações em aberturas

Com o intuito de adequar todas as janelas para as áreas mínimas aumentando o mínimo possível a dimensão das aberturas é necessária a utilização de um tipo de janela que permita uma melhor passagem de vento e luz.

Para as residências em estudo a janela adotada foi a de correr de 3 folhas, que segundo o Anexo – II do RTQ-R possui fatores de ventilação e iluminação de 60% e 75% respectivamente. Esta janela foi adotada visando manter o sistema de janelas de correr já utilizado anteriormente, e por ser dentre as janelas de correr apresentadas no Anexo – II a que possui melhores índices de ventilação e iluminação. As janelas foram adotadas em todas as residências como possuindo um peitoril de altura igual a 1,00 metro e altura de 1,10 metro, assim seu topo permanece alinhado com o topo das portas da residência. Novas dimensões adotadas para as janelas podem ser vistas abaixo.

Tabela 8 - Novas Dimensões de Janelas - UH 2 Quartos

		Área (m ²)	Largura necessária (m)		Largura Mínima (m)	Largura Utilizada (m)	
			Ilum	Vent			
1	Quarto Menor	8,83	1,34	1,07	1,34	1,40	
	Quarto Maior	10,70	1,62	1,30	1,62	1,70	
	Sala/Cozinha	19,93	3,02	2,42	3,02	3,10	
2 Quartos	2	Quarto Menor	7,50	1,14	0,91	1,14	1,20
	Quarto Maior	11,04	1,67	1,34	1,67	1,70	
	Sala/Cozinha	23,33	3,53	2,83	3,53	3,60	
3	Quarto Menor	8,83	1,34	1,07	1,34	1,40	
	Quarto Maior	10,70	1,62	1,30	1,62	1,70	
	Sala/Cozinha	-	-	-	-	-	

Fonte: Autor

Tabela 9 - Novas Dimensões de Janelas - UH 3 Quartos

		Área (m ²)	Largura necessária (m)		Largura Mínima (m)	Largura Utilizada(m)	
			Ilum	Vent			
3 Quartos	1	Quarto Menor	7,23	1,10	0,88	1,10	1,10
		Quarto Médio	9,23	1,40	1,12	1,40	1,40
		Quarto Maior	11,69	1,77	1,42	1,77	1,80
		Sala/Cozinha	22,51	3,41	2,73	3,41	3,50
	2	Quarto Menor	7,00	1,06	0,85	1,06	1,10
		Quarto Médio	10,48	1,59	1,27	1,59	1,60
		Quarto Maior	10,57	1,60	1,28	1,60	1,70
		Sala/Cozinha	19,71	2,99	2,39	2,99	3,00
	3	Quarto Menor	8,19	1,24	0,99	1,24	1,30
		Quarto Médio	8,75	1,33	1,06	1,33	1,40
		Quarto Maior	10,83	1,64	1,31	1,64	1,70
		Sala/Cozinha	12,61	1,91	1,53	1,91	2,00

Fonte: Autor

O ganho médio gerado ficou em 0,43 pontos por edificação, chegando a 0,57 pontos para uma das unidades, e gerando um ganho médio de 21% na nota de desempenho das residências.

Tabela 10 - Pontuação das UH após Modificação de Aberturas

			Inicial	Novas Aberturas
			2 Quartos	1
2	1,93	2,50		
3	2,12	2,29		
Média	1,99	2,42		
3 Quartos	1	1,93	2,47	
	2	1,93	2,45	
	3	2,15	2,35	
	Média	2,00	2,42	

Fonte: Autor

Tabela 11 - Ganho de Pontuação Gerado pela Modificação de Aberturas

		Novas Aberturas	
2 Quartos	1	0,55	28%
	2	0,57	30%
	3	0,17	8%
	Média	0,43	22%
3 Quartos	1	0,54	28%
	2	0,52	27%
	3	0,20	9%
	Média	0,42	21%

Fonte: Autor

8.4 Troca de Cor

Com as limitações causadas pelas janelas corrigidas a primeira modificação executada é a de troca de cores da cobertura e paredes, como citado na metodologia as cores foram substituídas de uma cor escura original para uma cor mais clara, com absorvância em torno de 0,3.

Esta modificação gerou um ganho médio de 0,22 pontos, um ganho de 11% no desempenho. No cumulativo as mudanças geraram em média 0,64 pontos e uma melhora de 32% em relação ao estado original.

Tabela 12 - Pontuação das UH após a Troca de Cor

		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65
	2	1,93	2,50	2,74
	3	2,12	2,29	2,58
	Média	1,99	2,42	2,66
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52
	2	1,93	2,45	2,58
	3	2,15	2,35	2,77
	Média	2,00	2,42	2,62

Fonte: Autor

Tabela 13 - Ganho de Pontuação Gerado pela Troca de Cor

		Troca Cor	
2 Quartos	1	0,17	9%
	2	0,24	12%
	3	0,29	14%
	Média	0,23	12%
3 Quartos	1	0,05	3%
	2	0,13	7%
	3	0,42	20%
	Média	0,20	10%

Fonte: Autor

Tabela 14 – Ganho de Desempenho Acumulado

		Novas Aberturas	Troca Cor
2 Quartos	1	28%	37%
	2	30%	42%
	3	8%	22%
	Média	22%	33%
3 Quartos	1	28%	31%
	2	27%	34%
	3	9%	29%
	Média	21%	31%

Fonte: Autor

8.5 Sombreamento

Dispositivos de proteção que são capazes de sombrear por completo as janelas, como venezianas, foram considerados presentes na seguinte análise.

O ganho médio que esse dispositivo gerou foi de 0,32 pontos, uma melhora de desempenho de 16% em relação a nota inicial. No cumulativo o ganho gerado ficou em média em 0,96 pontos, gerando uma melhora de 48% no desempenho.

Tabela 15 - Pontuação das UH após Aplicação de Sistema de Sombreamento

		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor	Somb
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65	2,93
	2	1,93	2,50	2,74	2,96
	3	2,12	2,29	2,58	2,86
	Média	1,99	2,42	2,66	2,92
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52	2,94
	2	1,93	2,45	2,58	2,99
	3	2,15	2,35	2,77	3,05
	Média	2,00	2,42	2,62	2,99

Fonte: Autor

Tabela 16 - Ganho de Pontuação Gerado pelo Sombreamento

		Somb	
2 Quartos	1	0,28	15%
	2	0,22	11%
	3	0,28	13%
	Média	0,26	13%
3 Quartos	1	0,42	22%
	2	0,41	21%
	3	0,28	13%
	Média	0,37	18%

Fonte: Autor

Tabela 17 – Ganho de Desempenho Acumulado

		Novas Aberturas	Troca Cor	Somb
2 Quartos	1	28%	37%	52%
	2	30%	42%	53%
	3	8%	22%	35%
	Média	22%	33%	46%
3 Quartos	1	28%	31%	52%
	2	27%	34%	55%
	3	9%	29%	42%
	Média	21%	31%	49%

Fonte: Autor

8.6 Modificações no material construtivo

A troca de materiais construtivos envolveu a cobertura, paredes e vidros, conforme descrito durante a metodologia do trabalho.

O ganho médio foi de 0,07 pontos em cada unidade, chegando a 0,15 pontos em uma delas, um ganho de 3%, e sendo inefetivo em 2 dos casos analisados. Isto não significa que não há um ganho no conforto da unidade, apenas que a modificação não gerou uma diferença de pontuação significativa para influenciar na nota final da UH. Em conjunto com as modificação já efetuadas o ganho médio gerado foi de 1,02 pontos, 51% no desempenho de cada residência.

Tabela 18 - Pontuação das UH Após Troca do Material Construtivo

		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65	2,93	3,07
	2	1,93	2,50	2,74	2,96	2,96
	3	2,12	2,29	2,58	2,86	3,01
	Média	1,99	2,42	2,66	2,92	3,01
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52	2,94	2,94
	2	1,93	2,45	2,58	2,99	3,05
	3	2,15	2,35	2,77	3,05	3,10
	Média	2,00	2,42	2,62	2,99	3,03

Fonte: Autor

Tabela 19 - Ganho de Pontuação Gerado pela troca de Material Construtivo

		Novos Materiais	
1	1	0,14	7%
	2	0,00	0%
	3	0,15	7%
Média		0,10	5%
2	1	0,00	0%
	2	0,06	3%
	3	0,05	2%
Média		0,04	2%

Fonte: Autor

Tabela 20 – Ganho de Desempenho Acumulado

		Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais
2 Quartos	1	28%	37%	52%	59%
	2	30%	42%	53%	53%
	3	8%	22%	35%	42%
	Média	22%	33%	46%	51%
3 Quartos	1	28%	31%	52%	52%
	2	27%	34%	55%	58%
	3	9%	29%	42%	44%
	Média	21%	31%	49%	51%

Fonte: Autor

8.7 Vidros duplos

Como as residências são situadas na zona bioclimática – 2, uma zona considerada fria, o uso de sistemas de vidro duplo é aconselhado. Visando avaliar a melhora o vidro duplo é capaz de gerar as residências foram recalculadas com o seu uso.

Embora tenha apresentado um ganho médio de 0,05 pontos e elevado a melhora total média para 54%, o uso de vidros duplos não se faz necessário em duas das residências analisadas, onde o ganho foi de 0,00 (zero) pontos.

Nas unidades habitacionais onde o vidro duplo foi útil o uso foi capaz de gerar um ganho médio de 0,08 pontos, uma melhora média de 6%, e um ganho máximo de 10% no desempenho em uma das residências.

Tabela 21 - Pontuação das UH após Aplicação de Vidro Duplo

		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65	2,93	3,07	3,26
	2	1,93	2,50	2,74	2,96	2,96	3,01
	3	2,12	2,29	2,58	2,86	3,01	3,01
	Média	1,99	2,42	2,66	2,92	3,01	3,09
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52	2,94	2,94	2,98
	2	1,93	2,45	2,58	2,99	3,05	3,05
	3	2,15	2,35	2,77	3,05	3,10	3,15
	Média	2,00	2,42	2,62	2,99	3,03	3,06

Fonte: Autor

Tabela 22 - Ganho de Pontuação Gerado pelo Vidro Duplo

		Vidro Duplo	
2 Quartos	1	0,19	10%
	2	0,05	3%
	3	0,00	0%
	Média	0,08	4%
3 Quartos	1	0,04	2%
	2	0,00	0%
	3	0,05	2%
	Média	0,03	1%

Fonte: Autor

Tabela 23 - Ganho de Desempenho Acumulado

		Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo
2 Quartos	1	28%	37%	52%	59%	69%
	2	30%	42%	53%	53%	56%
	3	8%	22%	35%	42%	42%
	Média	22%	33%	46%	51%	55%
3 Quartos	1	28%	31%	52%	52%	54%
	2	27%	34%	55%	58%	58%
	3	9%	29%	42%	44%	47%
	Média	21%	31%	49%	51%	53%

Fonte: Autor

8.8 Bonificações de iluminação

As bonificações de iluminação que podem ser obtidas facilmente são duas, o bônus de iluminação natural por refletância do teto e o bônus por uso de equipamentos especiais no sistema de iluminação artificial, que geram em conjunto 0,2 pontos adicionais nas notas finais das unidades habitacionais.

O bônus por refletância do teto exige que o teto de todas as áreas de permanência prolongada, cozinha e área de serviço, possuam refletância acima de 60%, ou seja estejam pintadas em cores claras (preferencialmente branco) e brilhosas.

O bônus de iluminação artificial requer que para ganho total que todas as lâmpadas de cada residência possuam eficiência superior a 75lm/W ou selo PROCEL.

Caso as residências sejam construídas com os tetos de alta refletância e entregue ao proprietário com as lâmpadas com selo PROCEL já instaladas o ganho é de 0,2 pontos em todas as unidades.

O ganho dessas bonificações garante para as residências uma melhora média de 10% no desempenho. As notas finais das unidades com o ganho dos bônus e as modificações previamente utilizadas obtiveram uma melhora média de 64% em relação à nota inicial.

Tabela 24 - Pontuação das UH após o ganho de Bonificações

		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo	Bonus
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65	2,93	3,07	3,26	3,46
	2	1,93	2,50	2,74	2,96	2,96	3,01	3,21
	3	2,12	2,29	2,58	2,86	3,01	3,01	3,21
	Média	1,99	2,42	2,66	2,92	3,01	3,09	3,29
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52	2,94	2,94	2,98	3,18
	2	1,93	2,45	2,58	2,99	3,05	3,05	3,25
	3	2,15	2,35	2,77	3,05	3,10	3,15	3,35
	Média	2,00	2,42	2,62	2,99	3,03	3,06	3,26

Fonte: Autor

Tabela 25 - Ganho de Pontuação Gerado pelas Bonificações

		Bonus	
2 Quartos	1	0,20	10%
	2	0,20	10%
	3	0,20	9%
	Média	0,20	10%
3 Quartos	1	0,20	10%
	2	0,20	10%
	3	0,20	9%
	Média	0,20	10%

Fonte: Autor

Tabela 26 - Ganho de Desempenho Acumulado

		Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo
2 Quartos	1	28%	37%	52%	59%	69%
	2	30%	42%	53%	53%	56%
	3	8%	22%	35%	42%	42%
	Média	22%	33%	46%	51%	55%
3 Quartos	1	28%	31%	52%	52%	54%
	2	27%	34%	55%	58%	58%
	3	9%	29%	42%	44%	47%
	Média	21%	31%	49%	51%	53%

Fonte: Autor

8.9 Sistema de aquecimento de água

Tendo em conta que na região sul o sistema de aquecimento de água é responsável por 35% da nota final de desempenho de cada unidade, a utilização de um melhor sistema de aquecimento de água é necessária para um ganho maior de desempenho.

Para verificar a ganho de desempenho que pode ser gerado com o sistema de aquecimento de água foi verificado a nota final de cada residência com 3 diferentes níveis de sistema de aquecimento de água, variando entre nota 3,00 – “C” a 5,00 – “A”.

Os resultados podem ser vistos abaixo.

Tabela 27 - Pontuação das UH com diferentes níveis de Sistema de Aquecimento de Água

		Com Aquecimento de água									
		Inicial	Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo	Bonus	"C"	"B"	"A"
2 Quartos	1	1,93	2,48	2,65	2,93	3,07	3,26	3,46	4,16	4,51	4,86
	2	1,93	2,50	2,74	2,96	2,96	3,01	3,21	3,91	4,26	4,61
	3	2,12	2,29	2,58	2,86	3,01	3,01	3,21	3,91	4,26	4,61
	Média	1,99	2,42	2,66	2,92	3,01	3,09	3,29	3,99	4,34	4,69
3 Quartos	1	1,93	2,47	2,52	2,94	2,94	2,98	3,18	3,88	4,23	4,58
	2	1,93	2,45	2,58	2,99	3,05	3,05	3,25	3,95	4,30	4,65
	3	2,15	2,35	2,77	3,05	3,10	3,15	3,35	4,05	4,40	4,75
	Média	2,00	2,42	2,62	2,99	3,03	3,06	3,26	3,96	4,31	4,66

Fonte: Autor

Tabela 28 - Ganho de Desempenho Acumulado

		Com Aquecimento de água								
		Novas Aberturas	Troca Cor	Somb	Novos Materiais	Vidro Duplo	Bonus	"C"	"B"	"A"
2 Quartos	1	28%	37%	52%	59%	69%	79%	116%	134%	152%
	2	30%	42%	53%	53%	56%	66%	103%	121%	139%
	3	8%	22%	35%	42%	42%	51%	84%	101%	117%
	Média	22%	33%	46%	51%	55%	65%	100%	118%	135%
3 Quartos	1	28%	31%	52%	52%	54%	65%	101%	119%	137%
	2	27%	34%	55%	58%	58%	68%	105%	123%	141%
	3	9%	29%	42%	44%	47%	56%	88%	105%	121%
	Média	21%	31%	49%	51%	53%	63%	98%	115%	133%

Fonte: Autor

9 CONCLUSÕES

Este estudo analisou seis residências construídas pelo Programa Minha Casa Minha Vida em Araranguá segundo o método proposto pelo programa brasileiro de etiquetas residenciais. As residências analisadas foram classificadas em seu estado inicial e posteriormente modificadas em seus componentes e arquitetura visando aumentar seu nível de eficiência energética.

No seu estado inicial as residências apresentaram um baixo desempenho, com notas variando entre 1,93 e 2,15, recebendo classificação “D”. Embora pontuações baixas fossem esperadas devido ao conjunto de materiais construtivos de baixo desempenho utilizados, a principal causa de uma baixa pontuação inicial foram as limitações impostas por norma devido aos índices de ventilação e iluminação das aberturas serem insatisfatórios.

A falta de uma tabela de esquadrias detalhando o sistema de abertura das janelas e o subdimensionamento destas gerava áreas efetivas de ventilação e iluminação inferiores as mínimas exigidas, limitando as pontuações das envoltórias a 3,00. Com a determinação de um novo tipo de abertura e o redimensionamento das janelas foi possível gerar um ganho médio de 0,43 pontos, uma melhora superior a 20% no desempenho das residências. Esta melhora foi suficiente para que algumas residências sejam reclassificadas como nível “C”.

Após a retirada destas limitações foi possível averiguar a influência da cor e do sistema de sombreamento nas residências. Os resultados das simulações indicam que estas modificações têm potencial para gerar ganhos acima dos 0,20 pontos cada, e podem gerar em conjunto um ganho de aproximadamente 0,50 pontos, uma melhora de aproximadamente 25% em relação ao estado inicial.

As mudanças nos materiais construtivos foram sutis e buscaram não modificar significativamente as configurações das residências, para isso foram realizadas modificações como o uso do tijolo deitado nas paredes, uso de telhas cerâmicas, forro de PVC e a utilização de um vidro de melhor desempenho térmico. Esta mudança de materiais gerou um ganho médio de 0,07 pontos.

O uso de vidros duplos foi testado em seguida e apresentou resultados interessantes. Em quatro das residências avaliadas seu uso foi útil, com ganhos de desempenho chegando 10% em um dos casos. Em duas residências, porém, seu uso

se mostrou desnecessário e a melhora gerada foi insignificante, sendo incapaz de aumentar a pontuação das residências. Por este motivo a utilização de vidro duplo não é recomendada para todas as residências, devendo-se avaliar cada residência individualmente, verificando a efetividade do sistema antes de instalá-lo e evitando gastos desnecessários e que dificilmente se pagariam durante a vida útil.

Com a utilização de todas as mudanças realizadas até aqui as residências atingem seu máximo potencial de ganho na nota da envoltória. O ganho total médio supera 1,00 ponto e causa uma melhora de desempenho que pode variar entre 42% no pior caso até 69% na melhor situação. Um ganho alto, capaz de reclassificar todas as residências na classificação “C” de desempenho. Visto que é impossível gerar um ganho maior dentro dos parâmetros definidos para estas análises as residências atingem um estado limite, onde dependem de ganhos em bonificações e sistema de aquecimento de água para melhorar seu desempenho.

Com a proposta de execução dos tetos das áreas de permanência prolongada, cozinhas e lavanderias pintados de branco e em superfície brilhante, e a entrega da residência com lâmpadas com selo PROCEL já instaladas é possível ganhar 0,20 pontos referentes às bonificações de iluminação natural e uso de equipamentos especiais. O ganho, que já é superior ao ganho médio gerado pela mudança de todos os materiais construtivos da casa, é acrescido na nota final das UH, gerando um grande impacto. É visível, porém que esta modificação embora significativa não é capaz de elevar o nível de desempenho das residências para uma nova classificação, para isto será necessário o uso de um melhor aquecimento de água.

Com as melhorias já propostas anteriormente e a instalação de um sistema de aquecimento de água de nível “C” a pontuação média das residências chega a 3,98, uma melhora que beira a marca dos 100%, e faz com todas as residências sejam reclassificadas como nível “B”. Com um sistema de aquecimento de água nível “A” todas as residências analisadas obtiveram pontuação suficiente para serem classificadas como nível “A”, com pontuações que chegam a uma média de 4,68, com máxima de 4,86 em uma delas. O sistema de aquecimento de água nível “A” foi capaz de gerar, em conjunto com as modificações de envoltória e bonificações, uma melhora de até 150% no desempenho inicial das residências. Isto ressalta ainda mais a importância do sistema de aquecimento de água nestes projetos, sendo que a

modificação de apenas este sistema é capaz de gerar uma melhora no nível de eficiência energética muito superior que todas as outras juntas.

É importante ressaltar que o ganho gerado pela mudança nas aberturas, nos materiais construtivos, cor e sistema de sombreamento embora pequenos se comparado ao ganho gerado com o uso de um sistema de aquecimento de água de alto desempenho, é adquirido com baixo custo, sendo fruto de um dimensionamento e posicionamento adequado de aberturas, escolha de materiais construtivos de melhor desempenho, escolha correta de cores e o uso de equipamentos de sombreamento, como venezianas nas janelas. Estes itens são críticos para o desempenho da residência, sendo suas escolhas e dimensionamentos deveres do engenheiro responsável pelo projeto, que por muitas vezes acabam não recebendo a atenção necessária devido ao processo de padronização e alta demanda por projetos.

Por fim, é válido afirmar que com o número de residências já entregues pelo Programa Minha Casa Minha Vida superando 1,2 milhões, qualquer ganho de desempenho gerado será capaz de proporcionar maior conforto para milhões de usuários e uma grande economia de energia. O simples cuidado do engenheiro durante o projeto, em especial com as janelas, escolha de materiais, cores e determinação de uso de venezianas é capaz de gerar ganhos acima dos 50% na nota de desempenho dessas residências, a aplicação de vidros duplos quando aplicável pode gerar ganhos de mais 10% e a simples pintura dos tetos com cores claras e entrega das residências com as lâmpadas instaladas é capaz de gerar melhoras de mais 10%. Estes ganhos de desempenho, por menores que sejam, quando aplicados em um número de residências extremamente alto como no Minha Casa Minha Vida são capazes de gerar uma significativa economia de energia elétrica, sendo necessário apenas um investimento de custo extremamente baixo em relação ao total da residência e que o engenheiro cumpra sua função e avalie as melhores opções individualmente para cada caso.

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.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: Eletrobras/procel, 2014. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.

ENTENDA como funciona o Minha Casa Minha Vida. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/04/entenda-como-funciona-o-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

IMPACTO Econômico e Social. 2014. Disponível em: <<http://www.brasildamudanca.com.br/minha-casa-minha-vida/impacto-economico-e-social>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

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, Ecv, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Gustavo_Daou_Palladini.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da 86 Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - UFSC
(Florianópolis). **ProjetEEE**. Disponível em: <<http://150.162.76.139/index.php>>.
Acesso em: 13 jun. 2017.

Programa Brasileiro de Etiquetagem. **PBE edifica**. Disponível em:
<<http://www.pbeedifica.com.br/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS PROJETOS

1. Residência de 2 Quartos – 1

Tabela de Esquadrias

Local APP	Fachada	Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref Anexo II
		Dimensões (m)	Área (m ²)		Illum	Vent	Illum	Vent	
Quarto Menor	Sul	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Oeste	1,1	1,6	1,76	0,35	0,40	0,62	0,70	-
Sala	Norte	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
	Oeste	1,1	1,2	1,32	0,80	0,45	1,06	0,59	2
	Áreas Totais ->			2,97	Vent Média	0,42	1,63	1,25	
Não APP									
Banheiro	Sul	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	8
Área Serviço	Leste	1,2	0,8	0,96	0,8	0,8	0,77	0,77	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
0,66	0,85	0,77	1,30

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente				
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	150	150	150
		Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Não	Sim	Sim
		Sim	Não	Não
		19,93		
	Iluminação Natural	1,63	0,62	0,58
		8,18	5,79	6,57
		não	não	não
	Ventilação Natural	1,25	0,7	0,66
		6,27	6,54	7,47
		Não	Não	Não
		Projeto	Projeto	Projeto
		Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não
Sim		Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente				
	Envoltória para Verão	E	E	E
		1,00	1,00	1,00
	Envoltória para Inverno	C	C	C
		3,00	3,00	3,00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	Não se aplica	D	D	
	0,00	2,00	2,00	

Fonte: Autor

Desempenho por APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Menor
	Área útil do APP	21,14	10,70	8,83
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0
Cobertura	Ucob	2,02	2,02	2,02
	CTcob	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70
Paredes Externas	Upar	2,46	2,46	2,46
	CTpar	150,00	150,00	150,00
	qpar	0,70	0,70	0,70
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0
	CTalta	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	13,47	0,00	0,00
	SUL	0,00	9,32	6,05
	LESTE	1,15	0,00	8,37
	OESTE	7,02	6,61	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	1,65	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	1,65
	LESTE	0,00	0,00	0,00
	OESTE	1,32	1,76	0,00
Características das Aberturas	Fvent	0,42	0,40	0,40
	Somb	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	49,37	33,61	28,80
	Pé Direito	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,128	0,252	0,306
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	0	0	0
	vid	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E 10488	E 10060	E 9098
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	A 15,405	B 22,179	B 24,406
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica 0,000	D 19,503	D 20,980

Fonte: Autor

Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0,66
		Área Aberturas orientação Sul	0,85
		Área Aberturas orientação Leste	0,77
		Área Aberturas orientação Oeste	1,3
		A2/A1	1,753846154
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Autor

Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	2 Quartos - 1
	Envoltória para Verão	E
		1,00
	Envoltória para Inverno	C
		3,00
	Aquecimento de Água	E
		1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D
		2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D
2,00		
Bonificações	0,20	
Região	Sul	
Coeficiente a	0,65	

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1,93

Fonte: Autor

2. Residência de 2 Quartos – 2

Tabela de Esquadrias

Local		Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref
APP	Fachada	Dimensões (m)		Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent	Anexo II
Quarto Menor	Sul	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Oeste	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Sala	Norte	1,3	0,8	1,04	0,75	0,60	0,78	0,62	4
	Norte	1,1	0,8	0,88	0,75	0,60	0,66	0,53	4
	Oeste	1,1	0,8	0,88	0,75	0,60	0,66	0,53	4
	Áreas Totais ->			2,8	Vent Média	0,60	2,10	1,68	
Não APP									
Banheiro	Leste	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	8
Área Serviço	Leste	1,2	0,8	0,96	0,8	0,8	0,77	0,77	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
1,15	0,66	0,96	1,19

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente			
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	150	150
		Sim	Sim
	Cobertura	150	150
		Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Não	Sim
		Sim	Não
		23,33	
	Iluminação Natural	2,1	0,58
		9,00	5,25
		não	não
	Ventilação Natural	1,68	0,66
		7,20	5,98
		Não	Não
		Projeto	Projeto
		Sim	Sim
Não		Não	
8,80		8,80	
Sim		Sim	

Fonte: Autor

Desempenho das APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Menor
	Área útil do APP	24,28	11,04	7,50
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0
Cobertura	Ucob	2,02	2,02	2,02
	CTcob	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70
Paredes Externas	Upar	2,46	2,46	2,46
	CTpar	150,00	150,00	150,00
	αpar	0,70	0,70	0,70
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0
	CTalta	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	16,04	2,03	0,00
	SUL	0,00	9,45	4,16
	LESTE	1,02	0,00	6,26
	OESTE	7,43	6,58	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	1,92	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	1,65
	LESTE	0,00	0,00	0,00
	OESTE	0,88	1,65	0,00
Características das Aberturas	Fvent	0,40	0,40	0,40
	Somb	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	50,07	34,41	26,31
	Pé Direito	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,111	0,245	0,360
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	0	0	0
	vid	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E	E	E
		10580	11704	9025
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	A	B	B
		14,484	22,104	23,653
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica	D	E
		0,000	17,900	27,804

Fonte: Autor

Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		sim
	Medição individual de energia?		sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	1,15
		Área Aberturas orientação Sul	0,66
		Área Aberturas orientação Leste	0,96
		Área Aberturas orientação Oeste	1,19
		A2/A1	2,327731092
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Autor

Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D 1,60
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1,93

Fonte: Autor

3. Residência de 2 Quartos – 3

Tabela de Esquadrias

Local APP	Fachada	Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref Anexo II
		Dimensões (m)		Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent	
Quarto Menor	Leste	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Sul	1,1	1,6	1,76	0,35	0,40	0,62	0,70	-
Sala	Oeste	1,1	1,5	1,65	0,75	0,60	1,24	0,99	4
	Oeste	1,1	1	1,1	0,75	0,60	0,83	0,66	4
	Sul	1,1	1	1,1	0,75	0,60	0,83	0,66	4
	Áreas Totais ->			3,85	Vent Média	0,60	2,89	2,31	
Não APP									
Banheiro	Leste	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	8
Área Serviço	Norte	1,2	0,8	0,96	0,8	0,8	0,77	0,77	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
0,77	1,36	0,85	1,65

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	150	150	150	
		Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Sim	Sim	Sim	
	Fatores para iluminação e ventilação natural		Não	Sim	Sim
			Sim	Não	Não
			19,94		
	Iluminação Natural		2,89	0,62	0,58
			14,49	5,79	6,57
			sim	não	não
	Ventilação Natural		2,31	0,7	0,66
			11,58	6,54	7,47
			Sim	Não	Não
			Projeto	Projeto	Projeto
			Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não	
		Sim	Sim	Sim	

Fonte: Autor

Desempenho das APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Menor
	Área útil do APP	21,15	10,70	8,83
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0
Cobertura	Ucob	2,02	2,02	2,02
	CTcob	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70
Paredes Externas	Upar	2,46	2,46	2,46
	CTpar	150,00	150,00	150,00
	αpar	0,70	0,70	0,70
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0
	CTalta	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	1,16	0,00	8,37
	SUL	7,24	6,61	0,00
	LESTE	0,00	9,32	6,05
	OESTE	12,37	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	0,00	0,00	0,00
	SUL	1,10	1,76	0,00
	LESTE	0,00	0,00	1,65
	OESTE	2,75	0,00	0,00
Características das Aberturas	Fvent	0,60	0,40	0,40
	Somb	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	51,69	31,93	29,01
	Pé Direito	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,128	0,252	0,306
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	0	0	0
	vid	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E 10711	E 9020	E 11332
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	B 17,373	B 23,420	B 21,570
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica 0,000	C 16,208	E 26,163

Fonte: Autor

Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		sim
	Medição individual de energia?		sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0,77
		Área Aberturas orientação Sul	1,36
		Área Aberturas orientação Leste	0,85
		Área Aberturas orientação Oeste	1,65
		A2/A1	1,806060606
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Autor

Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,00
	Envoltória para Inverno	B 3,52
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,41
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D 2,10
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	2,12

Fonte: Autor

4. Residência de 3 quartos – 1

Tabela de Esquadrias

Local		Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref
APP	Fachada	Dimensões (m)		Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent	Anexo II
Quarto Menor	Leste	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Médio	Sul	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Norte	1,1	1,8	1,98	0,35	0,40	0,69	0,79	-
Sala	Norte	1,1	1	1,1	0,70	0,40	0,77	0,44	5
	Oeste	1,1	1	1,1	0,70	0,40	0,77	0,44	5
	Oeste	1,8	0,9	1,62	0,70	0,40	1,13	0,65	5
	Áreas Totais ->			3,82	Vent Média	0,40	2,67	1,53	
Não APP									
Banheiro	Leste	0,5	0,6	0,3	0,8	0,8	0,24	0,24	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
1,23	0,00	0,90	1,09

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	150	150	150	150
		Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Sim	Sim	Sim	Sim
		Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Sim	Não	Não	Não
		22,51			
		0,69	0,69	0,58	0,58
	Iluminação Natural	3,07	5,90	6,28	8,02
		não	não	não	não
		0,79	0,79	0,66	0,66
	Ventilação Natural	3,51	6,76	7,15	9,13
		Não	Não	Não	Sim
		Projeto	Projeto	Projeto	Projeto
		Sim	Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não	Não
		Sim	Sim	Sim	Sim
Sim		Sim	Sim	Sim	

Fonte: Autor

Desempenho das APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Médio	Quarto Menor
	Área útil do APP	25,66	11,69	9,23	7,23
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0	0
	Ucob	2,02	2,02	2,02	2,02
Cobertura	CTcob	21,00	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70	0,70
	Upar	2,46	2,46	2,46	2,46
Paredes Externas	CTpar	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	0,70	0,70	0,70	0,70
	CTbaixa	0	0	0	0
Característica construtiva	CTalta	0	0	0	0
	NORTE	5,86	7,88	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	6,96	0,00	6,72	0,00
	LESTE	0,00	8,10	7,56	6,15
	OESTE	16,18	1,35	7,56	0,00
	NORTE	1,10	1,98	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	SUL	0,00	0,00	1,65	0,00
	LESTE	0,00	0,00	0,00	1,65
	OESTE	2,72	0,00	0,00	0,00
	Fvent	0,40	0,40	0,40	0,40
Características das Aberturas	Somb	0,00	0,00	0,00	0,00
	Área das Paredes Internas	59,70	36,24	31,50	25,78
Características Gerais	Pé Direito	2,70	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,105	0,231	0,293	0,373
	isol	0	0	0	0
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	vid	0	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792	5,792
	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E 11128	E 11246	E 10190
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	B 15,706	B 19,008	B 26,056	B 20,948
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica 0,000	C 15,510	C 15,617	E 36,973

Fonte: Autor

Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		sim
	Medição individual de energia?		sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	1,23
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	0,9
		Área Aberturas orientação Oeste	1,09
		A2/A1	1,617886179
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Autor

22 Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D 2,49
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1,93

Fonte: Autor

5. Residência de 3 Quartos – 2

23 Tabela de Esquadrias

Local APP	Fachada	Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref Anexo II
		Dimensões (m)	Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent		
Quarto Menor	Leste	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Médio	Leste	1,1	1,5	1,65	0,35	0,40	0,58	0,66	-
Quarto Maior	Norte	1,1	1,8	1,98	0,35	0,40	0,69	0,79	-
Sala	Norte	1,2	1	1,2	0,70	0,40	0,84	0,48	4
	Oeste	1,3	0,8	1,04	0,35	0,40	0,36	0,42	-
Áreas Totais ->				2,24	Vent Média	0,40	1,20	0,90	
Não APP									
Banheiro	Leste	0,7	0,6	0,42	0,8	0,8	0,34	0,34	8

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
1,27	0,00	1,66	0,42

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envolvória	Paredes externas	Sim	Sim	Sim	Sim
		Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Sim	Sim	Sim	Sim
		Sim	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Não	Sim	Sim	Sim
		Sim	Não	Não	Não
		19,71			
	Iluminação Natural	0,69	0,69	0,58	0,58
		3,50	6,53	5,53	8,29
		não	não	não	não
	Ventilação Natural	0,79	0,79	0,66	0,66
		4,01	7,47	6,30	9,43
		Não	Não	Não	Sim
		Projeto	Projeto	Projeto	Projeto
		Sim	Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não	Não
Sim		Sim	Sim	Sim	

Fonte: Autor

Desempenho das APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Médio	Quarto Menor
	Área útil do APP	22,41	10,57	10,48	7,00
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTcob	21,00	21,00	21,00	21,00
	αcob	0,70	0,70	0,70	0,70
Paredes Externas	Upar	2,46	2,46	2,46	2,46
	CTpar	150,00	150,00	150,00	150,00
	αpar	0,70	0,70	0,70	0,70
Característica construtiva	CTbaixa	0	0	0	0
	CTalta	0	0	0	0
	NORTE	4,29	7,88	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	1,02	0,00	8,64	0,00
	LESTE	0,00	7,56	6,18	5,91
	OESTE	18,53	2,97	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	1,32	1,98	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	0,00	0,00	1,65	1,65
Características das Aberturas	OESTE	1,04	0,00	0,00	0,00
	Fvent	0,40	0,40	0,40	0,40
	Somb	0,00	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	57,43	33,06	36,09	25,29
	Pé Direito	2,70	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,120	0,255	0,258	0,386
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	0	0	0	0
	vid	0	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792	5,792
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E	E	E	E
		10542	11293	9844	9847
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	A	B	B	B
		15,541	19,759	22,727	20,804
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica	D	D	E
		0,000	17,808	17,792	38,499

Fonte: Autor

24Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		sim
	Medição individual de energia?		sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	1,27
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	1,66
		Área Aberturas orientação Oeste	0,42
		A2/A1	1,018072289
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
		Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?	Sim

Fonte: Autor

Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D 1,75
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	1,93

Fonte: Autor

6. Residência de 3 Quartos – 3

Tabela de Esquadrias

Local		Dimensões			Fatores		Área Útil (m ²)		Ref
APP	Fachada	Dimensões (m)		Área (m ²)	Ilum	Vent	Ilum	Vent	Anexo II
Quarto Menor	Leste	1	1,5	1,5	0,35	0,40	0,53	0,60	-
Quarto Médio	Norte	1	1,5	1,5	0,35	0,40	0,53	0,60	-
Quarto Maior	Sul	1	1,8	1,8	0,35	0,40	0,63	0,72	-
Sala	Norte	0,9	1,4	1,26	0,70	0,40	0,88	0,50	4
	Sul	1,2	0,4	0,48	0,80	0,80	0,38	0,38	8
	Sul	1,3	0,5	0,65	0,70	0,40	0,46	0,26	4
	Oeste	1,3	1,2	1,56	0,70	0,40	1,09	0,62	4
	Áreas Totais ->				3,95	Vent Média	0,45	2,81	1,77
Não APP									
Banheiro Suíte	Sul	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	8
Banheiro	Norte	0,4	0,6	0,24	0,8	0,8	0,19	0,19	9

Áreas de Ventilação (m ²)			
Norte	Sul	Leste	Oeste
1,30	1,56	0,60	0,62

Fonte: Autor

Pré-Requisitos por Ambiente

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Sim	Sim	Sim	Sim
		Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Sim	Sim	Sim	Sim
		Sim	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Não	Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não	Não
	Iluminação Natural	2,81	0,63	0,53	0,53
		12,61	5,82	6,06	6,47
		sim	não	não	não
	Ventilação Natural	1,77	0,72	0,6	0,6
		7,94	6,65	6,86	7,33
		Não	Não	Não	Não
		Projeto	Projeto	Projeto	Projeto
		Sim	Sim	Sim	Sim
		Não	Não	Não	Não
Sim		Sim	Sim	Sim	
Sim		Sim	Sim	Sim	

Fonte: Autor

25Desempenho das APP

Zona Bioclimática	ZB	ZB2	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	Sala/Cozinha	Quarto Maior	Quarto Médio	Quarto Menor
	Área útil do APP	22,28	10,83	8,75	8,19
Situação do piso e cobertura	Cobertura	1	1	1	1
	Contato com solo	1	1	1	1
	Sobre Pilotis	0	0	0	0
	Ucob	2,02	2,02	2,02	2,02
Cobertura	CTcob	21,00	21,00	21,00	21,00
	ccob	0,70	0,70	0,70	0,70
	Upar	2,46	2,46	2,46	2,46
Paredes Externas	CTpar	150,00	150,00	150,00	150,00
	opar	0,70	0,70	0,70	0,70
	CTbaixa	0	0	0	0
Característica construtiva	CTalta	0	0	0	0
	NORTE	5,16	0,00	6,60	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	8,25	6,98	0,00	0,00
	LESTE	0,00	0,00	8,10	6,60
	OESTE	16,68	0,00	0,00	0,00
	NORTE	1,26	0,00	1,50	0,00
Áreas de Aberturas Externas	SUL	2,04	1,80	0,00	0,00
	LESTE	0,00	0,00	0,00	1,50
	OESTE	0,65	0,00	0,00	0,00
	Fvent	0,45	0,40	0,40	0,40
Características das Aberturas	Somb	0,00	0,00	0,00	0,00
	Área das Paredes Internas	63,99	35,49	28,27	27,32
Características Gerais	Pé Direito	2,70	2,70	2,70	2,70
	C altura	0,121	0,249	0,309	0,330
	isol	0	0	0	0
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	vid	0	0	0	0
	Uvid	5,792	5,792	5,792	5,792
	Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	E	D	E
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	18,243	21,807	19,922	20,867
	Consumo Relativo para Refrigeração	CR	Não se aplica 0,000	D 17,698	E 24,769

Fonte: Autor

Pré-Requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		sim
	Medição individual de energia?		sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	1,3
		Área Aberturas orientação Sul	1,56
		Área Aberturas orientação Leste	0,6
		Área Aberturas orientação Oeste	0,62
		A2/A1	1,615384615
		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	

Fonte: Autor

Pontuação da UH

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	E 1,22
	Envoltória para Inverno	C 3,45
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,46
	Envoltória se refrigerada artificialmente	E 1,39
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coefficiente a	0,65

Classificação final da UH	D
Pontuação Total	2,15

Fonte: Autor