

HENRIQUE FRANCISCO DOS REIS

ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM APARTAMENTO  
LOCALIZADO EM CONTAGEM / MG DE ACORDO COM O RTQ-R

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura da UFMG

2021

HENRIQUE FRANCISCO DOS REIS

ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM APARTAMENTO  
LOCALIZADO EM CONTAGEM / MG DE ACORDO COM O RTQ-R

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade em cidades, edificações e produtos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

BELO HORIZONTE

Escola de Arquitetura da UFMG

2021

**FICHA CATALOGRÁFICA**

R375a	<p>Reis, Henrique Francisco dos. Análise do nível de eficiência energética de um apartamento localizado em Contagem/MG de acordo com o RTQ-R [manuscrito] / Henrique Francisco dos Reis. - 2021. 53f. : il.</p> <p>Orientador: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.</p> <p>Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.</p> <p>1. Energia - Consumo. 2. Construção civil - Legislação. 3. Habitação. 4. Avaliação – Técnica. 5. Desempenho. 6. Contagem (MG). I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.</p> <p>CDD 720.47</p>
-------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
 ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG  
 Rua Paraíba, 697 – Funcionários  
 30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (31) 3409-8823

FAX (31) 3409-8822

**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO *HENRIQUE FRANCISCO DOS REIS*, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS**

Às 16:00 horas do dia 12 de fevereiro de 2021, reuniu-se *online*, a Comissão Examinadora composta pela Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Orientadora-Presidente e pela arquiteta Mestre Marina da Silva Garcia, designadas pela Comissão Coordenadora do Curso para avaliação da monografia intitulada "Análise do nível de eficiência energética de um apartamento localizado em contagem / mg de acordo com o RTQ-R" de autoria de Henrique Francisco dos Reis, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.  
 Nota: 80 ; Conceito: B

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2021.

Roberta Vieira  
 Gonçalves de  
 Souza:70888167687

Assinado de forma digital por  
 Roberta Vieira Gonçalves de  
 Souza:70888167687  
 Dados: 2021.02.22 11:19:29  
 +03'00'

Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza  
 Orientadora-Presidente

*Marina da S. Garcia*  
 Arq. Mestre Marina da Silva Garcia

**AGRADECIMENTOS**

A Prof<sup>a</sup>. Dra. Roberta Vieira por suas orientações, comprometimento, ensinamentos e conhecimentos compartilhados para a realização deste trabalho.

Ao Arq. Guilherme Damazio por fornecer informações importantes sobre o objeto de estudo deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo fazer a análise da eficiência energética de uma Unidade Habitacional de empreendimento de Interesse Social, localizado na cidade de Contagem / MG, utilizando o RTQ-R. Analisando o método prescritivo do RTQ-R, procurou-se estabelecer uma comparação do nível de eficiência energética do edifício analisado com as normas contidas no Código de Obras da cidade de Contagem que são necessárias para a construção do edifício. Neste sentido, a partir da análise procurou-se identificar as barreiras e as oportunidades contidas no Código de Obras da cidade de Contagem para se atingir um nível aceitável de eficiência energética. A partir da análise foi possível perceber os benefícios que um bom nível energético pode proporcionar e, além disso, que atender os requisitos mínimos do Código de Obras municipal não é suficiente para obter-se um bom desempenho energético.

Palavras-chave: RTQ-R. Código de Obras. Habitação de interesse social. Eficiência energética em edificações.

## **ABSTRACT**

The objective of this paper was to analyze the energy efficiency of a Housing Development Unit of a Social Interest Building, located in the city of Contagem / MG, using the RTQ-R. By analyzing the prescriptive method of the RTQ-R, it was sought to establish a comparison of the level of energy efficiency of the building analyzed with the standards contained in the Construction Code of the city of Contagem, which are necessary for the construction of the building. In this sense, from the analysis we tried to identify the barriers and opportunities contained in the Construction Code of the city of Contagem to achieve an acceptable level of energy efficiency. From the analysis it was possible to realize the benefits that a good energy efficiency level can provide and, moreover, that meeting the minimum requirements of the municipal building code is not enough to obtain a good energy performance.

Keywords: RTQ-R. Construction Code. Social Interest Building. Energy efficiency in buildings.

## LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1- Pontuação total do nível de eficiência da UH.....	18
EQUAÇÃO 2 - Avaliação de aberturas para ventilação cruzada.....	21
EQUAÇÃO 3 - Incador de graus e horas para resfriamento da ZB2.....	22
EQUAÇÃO 4 - Consumo relativo para aquecimento de água da ZB2.....	23
EQUAÇÃO 5 - Equivalente numérico da envoltoria da uh para ZB2.....	23
EQUAÇÃO 6 - Espessura mínima de isolamento para isolantes com condutividade térmica fora da faixa estipulada na tabela 07.....	24

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Representação de áreas abertas e fechadas .....	16
FIGURA 2 - Mapa de Zonas Bioclimáticas do Brasil.....	20
FIGURA 3 - Localização da Unidade Habitacional.....	26
FIGURA 4 - Macrozoneamento de Contagem – Localização UH.....	27
FIGURA 5 - Planta apartamento tipo.....	27
FIGURA 6 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro – Localização UH.....	29
FIGURA 7 - Quarto da UH.....	29
FIGURA 8 - Sala da UH .....	30
FIGURA 9 - Banheiro da UH .....	31
FIGURA 10 - Cozinha da UH .....	31
FIGURA 11 - Unidade Habitacional analisada .....	32
FIGURA 12 - Propriedades de parede cimenticea com 15cm de espessura .....	32
FIGURA 13 - Conta de energia de habitação sem sistema de aquecimento de água .....	44
FIGURA 14 - Conta de energia de habitação com sistema de aquecimento de água .....	44



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Vãos mínimos de abertura .....	15
TABELA 2 - Áreas abertas e fechadas.....	15
TABELA 3 - Dimensões mínimas dos compartimentos.....	17
TABELA 4 – Coeficientes da Equação para Pontuação Total do Nível de Eficiência da UH .....	18
TABELA 5 - Equivalente Numérico para cada Nível de Eficiência .....	19
TABELA 6 - Pré Requisitos de Absortância Solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas .....	20
TABELA 7 - Equivalente numérico da envoltória para resfriamento da ZB2 .....	22
TABELA 8 - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento de água da ZB2.....	23
TABELA 9 - Espessura mínima para tubulações para aquecimento de água .....	24
TABELA 10 - Levantamento de áreas dos ambientes.....	28
TABELA 11 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Envoltória .....	34
TABELA 12 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Envoltória .....	35
TABELA 13 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Envoltória .....	36
TABELA 14 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Bonificações.....	37
TABELA 15 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Bonificações.....	38
TABELA 16 - Tabela Prescritiva RTQ-Q – Aquecimento de Água .....	39
TABELA 17 - Tabela Prescritiva RTQ-Q – Pontuação Total da UH .....	40
TABELA 18 - Consumo diário de água quente.....	42
TABELA 19 - Dimensionamento indicado para aquecedores de acumulação .....	43
TABELA 20 - Tempo de pay back com base nos gastos com aquecimento de água .	45
TABELA 21 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Envoltória .....	46
TABELA 22 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Envoltória .....	47
TABELA 23 - Tabela Prescritiva RTQ-Q - Bonificações.....	48
TABELA 24 - Tabela Prescritiva RTQ-Q – Aquecimento de água.....	49
TABELA 25 - Tabela Prescritiva RTQ-Q – Pontuação Total .....	50

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 CÓDIGO DE OBRAS DE CONTAGEM.....	14
2.1.1 Elementos construtivos.....	14
2.1.2 Iluminação e ventilação .....	14
2.1.3 Exigências para os compartimentos .....	16
2.2 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (RTQ-R).....	18
2.2.1 Equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv): .....	22
2.2.2 Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água (EqNumAA): .....	24
2.2.3 Bonificações: .....	25
2.3 OBJETO DE ESTUDO .....	26
2.3.1 Análise das condicionantes legais do objeto de estudo.....	26
2.3.2 Análise das condicionantes físicas do objeto de estudo .....	29
3. METODOLOGIA .....	33
4. RESULTADOS .....	34
4.1 RESULTADOS DO RTQ-R .....	34
4.2 MEDIDAS PARA AUMENTAR A PONTUAÇÃO NO RTQ-R .....	41
4.2.1 Envoltória.....	41
4.2.2 Aquecimento solar de água .....	41
4.2.3 Dimensionamento do sistema de aquecimento solar.....	42
4.2.4 Tempo de pay-back do sistema de aquecimento solar (cálculo simples) ..	43
4.2.5 Tempo de pay back do sistema de aquecimento solar (cálculo complexo) .....	44
4.3 NOVAS BONIFICAÇÕES.....	46

4.4	NOVA PONTUAÇÃO DO RTQ-R.....	46
4.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	50
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	52
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	52
6.	REFERÊNCIAS .....	53

## **1. INTRODUÇÃO**

As habitações de interesse social surgiram na Europa após a segunda guerra mundial com o objetivo de solucionar a necessidade de moradia da população. A casa produzida por processos industriais parecia ser a resposta mais indicada para a urgência de reconstrução da Europa e convinha às demandas de uma sociedade de massa. Os grandes conjuntos habitacionais surgiram nas periferias de importantes cidades e nos anos de 1970 tornaram-se objeto das mais ferramentas críticas, pois eram vistos como desumanizadas, destituídos de qualidades agregadoras de comunidades e identidade (BLUMENSCHNEIN, et al., 2015).

Na direção da construção de edificações, as certificações atuam de modo a orientar a conduta técnica e arquitetônica na busca pela eficiência energética do projeto. As certificações representam uma ação de acreditar, de maneira documental e fiel, que um determinado produto ou serviço cumpre os requisitos e exigências definidas em normas ou especificações técnicas, emitidas pelo certificado de um organismo autorizado (AMORIM, et al., 2015, p 39).

Um destes métodos que criam critérios para a qualidade das edificações é o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R (BRASIL, 2012), que apresenta requisitos para classificar a eficiência energética de unidades habitacionais autônomas (UH), edificações unifamiliares, edificações multifamiliares e áreas de uso comum. O presente trabalho tem como objetivo fazer a análise da eficiência energética de uma Unidade Habitacional de empreendimento de Interesse Social, localizado na cidade de Contagem / MG, utilizando o método prescritivo do RTQ-R.

### **1.1 JUSTIFICATIVA**

As habitações de interesse social no Brasil surgiram no período de Getúlio Vargas quando o Estado brasileiro passou a intervir tanto no processo de produção quanto no mercado de aluguel, abandonando a postura de deixar a questão da construção, comercialização, financiamento e locação habitacional livres às forças do mercado. O governo Vargas fez isso com o objetivo de impulsionar a formação e fortalecimento de uma sociedade de cunho urbano-industrial, capitalista, mediante uma forte intervenção estatal em todos os âmbitos da atividade econômica (BONDUKI; 1994).

A partir dos anos 1950 os incorporadores da construção civil poderiam ser empresas imobiliárias associadas a bancos, ou negócios predominantemente

familiares de construção, ou, ainda, companhias seguradoras e de capitalização. Entretanto foi em 1964, durante o governo militar, que se constituiu um banco público especializado em financiamento habitacional – o Banco Nacional da Habitação (BNH). Foram criados também instrumentos financeiros como as sociedades de crédito imobiliário e as letras imobiliárias, compondo um sistema Financeiro da Habitação (SFH) - (ROLNIK; 2015).

Em 1966 o BNH converteu-se em empresa pública e transformou-se em um instrumento privilegiado de financiamento interno da economia do país. Ao mesmo tempo o governo criou o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), um fundo financeiro formado pela contribuição mensal de empregados aos seus empregadores. Com os recursos do FGTS o BNH alçou a condição de segundo estabelecimento bancário do país, desde sua criação até o início dos anos 1970, e o fundo é, até os dias de hoje, a grande fonte de recursos da política habitacional - (ROLNIK; 2015).

Devido ao fato da habitação social surgir no Brasil com o objetivo de criar moradias para as grandes cidades urbanizadas e, conseqüentemente, ter dado esse papel exclusivamente ao setor econômico e empresas privadas, é criada a dúvida de onde termina as intenções do mercado de lucrar e onde começam as preocupações de oferecer moradias com qualidade.

Para se ter projetos de qualidade é preciso entender o objeto como espaço socialmente utilizado e, portanto, situação relacional, dimensional e entender o projeto como proposta de momentos de criação e de avaliação. A abordagem dos lugares como situação relacional implica observar diversas aspirações sociais quanto ao desempenho dos mesmos. Expectativas sociais variam individualmente e culturalmente, logo são historicamente definidas, mas podem ser classificadas quanto à suas características genéricas e dimensões morfológicas dos lugares. (KOHLSDORF, 2006)

Diante de todas essas individualidades é preciso enxergar que as edificações residenciais devem ser projetadas especificamente para atender as características dos locais. Desta forma as normas construtivas dos órgãos municipais e os organismos de etiquetagem buscam condições mais favoráveis de eficiência energética na construção civil.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 CÓDIGO DE OBRAS DE CONTAGEM**

Código de Obras são leis existentes nas cidades que determinam diretrizes e normas a serem seguidas na construção de edifícios em cada regional do município. O código de obras da cidade de Contagem/MG determina as seguintes normas para a edificação estudada nesta monografia:

#### **2.1.1 Elementos construtivos**

As paredes externas das edificações e as paredes internas que dividem as unidades autônomas devem ter espessura mínima de 15cm.

#### **2.1.2 Iluminação e ventilação**

As áreas para efeito de iluminação e ventilação são classificadas, quanto a sua função, em áreas principais e áreas secundárias e, quanto a sua configuração, em áreas abertas e áreas fechadas.

- A área principal é aquela que ilumina e ventila compartimentos de permanência prolongada.

- A área secundária é aquela que ilumina e ventila compartimentos de utilização transitória.

- A área aberta é aquela que tenha pelo menos uma das faces não delimitada por parede ou muro de divisa.

- A área fechada é aquela que possui todas as faces delimitadas por parede ou muro de divisa.

Os vãos de iluminação são determinados de acordo com a área do piso, conforme a tabela representada abaixo.

Compartimento	Vão de Iluminação em Relação à Área do Piso	Observações
Permanência Prolongada	1/6 ou 1/5*	* quando for iluminado e ventilado através de área coberta.
Dormitório de Serviço*	1/6 ou 1/5**	* dormitório com acesso direto pela área de serviço. ** quando for iluminado e ventilado através de área coberta.
Cozinha	1/6 ou 1/5*	* quando for iluminada e ventilada através de área coberta.
Área de Serviço*	1/8 ou 1/6 **	* pode ser conjugada com a cozinha, resguardadas as áreas mínimas de cada compartimento. ** quando for iluminada e ventilada através de área coberta.
Dispensa*	** 1/8 ou 1/6 ***	* só poderá se comunicar com cozinha, copa, área de serviço ou circulação. ** para área $\geq 2,00m^2$ fica dispensada da iluminação e ventilação diretas. *** quando for iluminada e ventilada através de área coberta.
Banheiro de Serviço	1/8 ou 1/6*	* quando for iluminado e ventilado através de área coberta.
Banheiro Social/Suíte	1/8 ou 1/6 *	* quando for iluminado e ventilado através de área coberta.
Lavabo*	1/8 ou 1/6**	* admitida ventilação mecânica. ** quando for iluminado e ventilado através de área coberta.
Circulação*	1/8 ou 1/6**	* quando o comprimento $\leq 5,0m$ , fica dispensado da iluminação e ventilação. ** quando for iluminada e ventilada através de área coberta.
Rampa para pedestres*	1/8 ou 1/6**	** quando for iluminada ou ventilada através de área coberta.
Caixa de Escada*	1/8 ou 1/6**	* garantir altura mínima de 2,10m, sob qualquer obstáculo. ** quando for iluminada ou ventilada através de área coberta.
Abrigo / Garagem	1/8 ou 1/6*	* quando for iluminado ou ventilado através de área coberta.

TABELA 1 - VÃOS MÍNIMOS DE ABERTURA  
(FONTE – CÓDIGO DE OBRAS DA PREFEITURA DE CONTAGEM / MG)

As áreas abertas e fechadas devem atender os critérios relacionados na tabela a seguir.

TIPO DE ÁREA	DIÂMETRO MÍNIMO A SER INSCRITO NA ÁREA - D	ÁREA MÍNIMA	OBSERVAÇÕES
ÁREA PRINCIPAL FECHADA	$D = 2,0 + H / B$	10,0m <sup>2</sup>	B = 4 para uso residencial
			B = 6 para os demais usos
			Diâmetro nunca inferior a 2,0 m.
ÁREA PRINCIPAL ABERTA	$D = 1,5 + H / 6$	-	Diâmetro nunca inferior a 1,50m
ÁREA SECUNDÁRIA ABERTA OU FECHADA	$D = 1,5 + H / 10$	6,0m <sup>2</sup>	Diâmetro nunca inferior a 1,50m.

TABELA 2 - ÁREAS ABERTAS E FECHADAS  
(FONTE – CÓDIGO DE OBRAS DA PREFEITURA DE CONTAGEM / MG)

Onde, H é a distância entre o piso do pavimento considerado e o piso do pavimento imediatamente superior ao primeiro pavimento ventilado através da referida área de iluminação e ventilação. Um edifício residencial de quatro pavimentos que possui fosso central de ventilação e iluminação para atendimento dos quartos, deverá atender os parâmetros de área principal fechada. Assim considerando o H= 5,40m,

teremos um diâmetro mínimo de 3,35m e área mínima de 10,00m<sup>2</sup>. Conforme ilustrado na FIGURA 01.

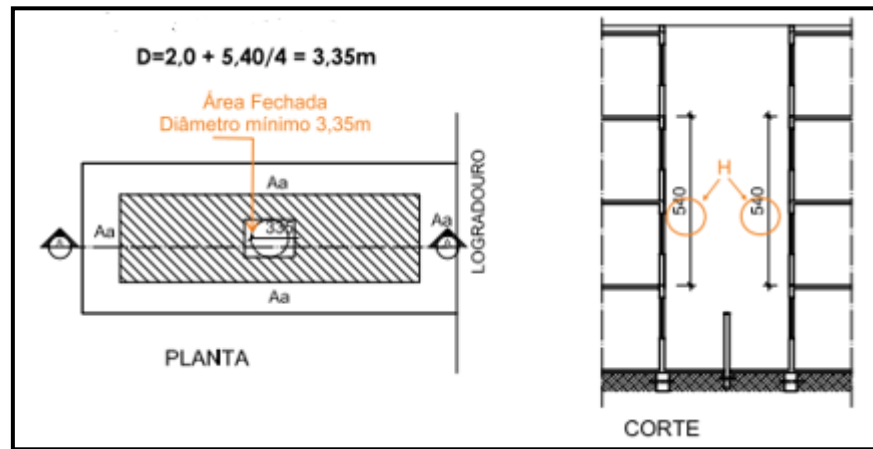


FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DE ÁREAS ABERTAS E FECHADAS (FONTE – CÓDIGO DE OBRAS DA PREFEITURA DE CONTAGEM)

### 2.1.3 Exigências para os compartimentos

Os compartimentos das edificações da cidade de Contagem devem seguir os seguintes valores para área mínima, dimensão mínima, pé direito mínimo e largura dos vãos de acesso.



Compartimento	Área Mínima (m²)	Dimensão Mínima (m)	Pé-Direito Mínimo (m)	Largura dos Vãos de Acesso (m)	Observações
Permanência Prolongada	8,00*	2,00	2,60	0,70**	* pelo menos um dos compartimentos de permanência prolongada deverá ter área mínima = 12,00m². ** os vãos de acesso à área externa deverão ter largura mínima de 0,80m.
Dormitório de Serviço*	4,00	1,80	2,60	0,70	* dormitório com acesso exclusivo pela área de serviço.
Cozinha	4,00	1,80	2,60	0,70*	* se o vão der acesso à área de serviço ou área externa deverá ter largura mínima de 0,80m.
Área de Serviço*	2,20	1,00	2,40	0,70**	* pode ser conjugada com a cozinha, resguardadas as áreas mínimas de cada compartimento. ** se o vão for o único ou der acesso à área externa deverá ter largura mínima de 0,80m.
Despensa*	-**	0,80	2,40	-	* só poderá se comunicar com cozinha, copa, área de serviço ou circulação. ** para área ≤ 2,00m² fica dispensada da iluminação e ventilação diretas.
Banheiro de Serviço	1,50*	0,90	2,40	0,60	* prevendo um chuveiro e um vaso sanitário, no mínimo.
Banheiro Social/ Banheiro da Suíte	2,40	1,20	2,40	0,60	-
Lavabo*	1,50	0,90	2,40	0,60	* admitida ventilação mecânica.
Circulação*	-	0,9 ou 1,00**	2,40	-	* quando o comprimento ≤ 5,0m, fica dispensado da iluminação e ventilação. ** quando o comprimento > 5,0m, deverá ter largura mínima de 1,0m.
Rampa para pedestres*	-	1,20	-***	-	* pelo menos uma rampa adaptada para acessibilidade a pessoa portadora de deficiência ou mobilidade reduzida, de acordo com a norma aplicável; para as demais rampas que tenham mesma origem e destino da primeira, a inclinação máxima será de 12%. ** garantir altura mínima de 2,10m, sob qualquer obstáculo.
Caixa de Escada*	-	1,20**	-	-	* garantir altura mínima de 2,10m, sob qualquer obstáculo. ** 0,80m quando interna às unidades autônomas.
Abrigo / Garagem	-	2,30 x 4,50 (por vaga)	2,20*	-	* em relação a qualquer elemento construtivo.

TABELA 3 - DIMENSÕES MÍNIMAS DOS COMPARTIMENTOS  
(FONTE – CÓDIGO DE OBRAS DA PREFEITURA DE CONTAGEM / MG)

## 2.2 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (RTQ-R)

Para se obter a classificação no método prescritivo do RTQ-R de uma edificação, é disponibilizada pelo PBE Edifica uma planilha que analisa dados físicos, aberturas e bonificações relacionadas aos ambientes de permanência prolongada. Esses dados são inseridos em uma fórmula que obtém a Pontuação Total da Unidade Habitacional ( $PT_{UH}$ ) em seu resultado, esses cálculos são representados pela fórmula a seguir.

$PT_{UH}$ : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente da tabela 2.3 do RTQ-R adotado de acordo com a região geográfica do mapa político do Brasil na qual a edificação está localizada;

$EqNumEnv$ : equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória;

$EqNumAA$ : equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: Pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

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

EQUAÇÃO 1- PONTUAÇÃO TOTAL DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA UH (FONTE - BRASIL, 2012)

O valor de a é dado pela tabela 2.3 do Regulamento e para a região Sudeste a= 0,65.

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

TABELA 4 – COEFICIENTES DA EQUAÇÃO PARA PONTUAÇÃO TOTAL DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA UH (FONTE – BRASIL, 2012)

Segundo o RTQ-R a classificação do nível de eficiência das edificações multifamiliares é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas. Com a pontuação final da UH a classificação da mesma é definida de acordo com o quadro apresentado a seguir.

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

TABELA 5 - EQUIVALENTE NUMÉRICO PARA CADA NÍVEL DE EFICIÊNCIA  
(FONTE - BRASIL, 2012)

Os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento, aquecimento e refrigeração. A seguir encontra-se a tabela com os requisitos de cada Zona Bioclimática brasileira e o mapa das Zonas Bioclimáticas do Brasil.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m <sup>2</sup> K)]	Capacidade térmica [kJ/(m <sup>2</sup> K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

TABELA 6 - PRÉ REQUISITOS DE ABSORTÂNCIA SOLAR, TRANSMITÂNCIA TÉRMICA E CAPACIDADE TÉRMICA PARA AS DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS (FONTE: BRASIL- ,2012)

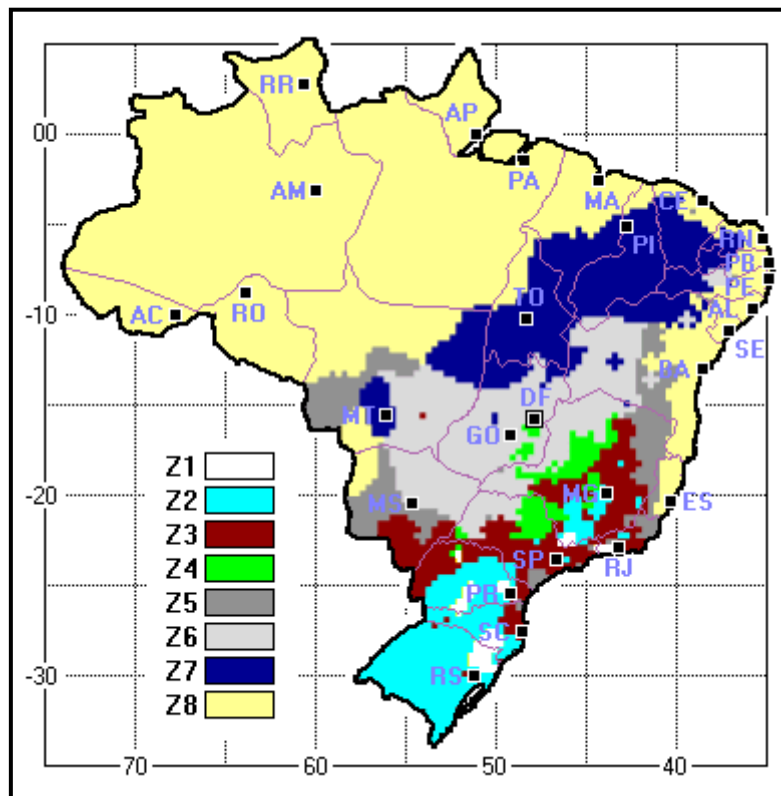


FIGURA 2 - MAPA DE ZONAS BIOCLIMÁTICAS DO BRASIL (FONTE – ZBBR)

A Zona bioclimática 2, onde Contagem está localizada, deve possuir a área mínima para ventilação maior ou igual a 8% da área do piso, O não atendimento a esses pré – requisito implica em no máximo um nível C na envoltória de ventilação natural.

Para que a unidade habitacional atinja nível A neste critério ela deve possuir no mínimo 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, com ventilação natural. O não atendimento a este requisito implica em no máximo um nível B na avaliação.

As zonas bioclimáticas de 2 a 8 devem possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de abertura compreendido pelas aberturas externas e internas. As aberturas devem seguir a seguinte formula, caso contrário a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25$$

EQUAÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DE ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO CRUZADA (FONTE – BRASIL, 2012)

Onde:

$A_1$  : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação;

$A_2$ : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas demais fachadas;

A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada.

O acesso a iluminação natural no ambiente 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. Casa este pré-requisito não seja atendido será alcançado uma nota máxima de nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento, aquecimento e para refrigeração.

### 2.2.1 Equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv):

Para calcular o EqNumEnv é preciso obter o resultado para o indicador de graus-hora para resfriamento e o consumo anual relativo para aquecimento ( $C_A$ ) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. Como exemplo a EQUAÇÃO 03 e a TABELA 07 representam respectivamente o cálculo para obter o indicador de graus-hora para resfriamento de uma edificação na Zona Bioclimática 2 e faixas numéricas para definir o equivalente numérico para resfriamento na ZB2.

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times solo \times AU_{amb}) + (d \times somb) + (e \times U_{cob}) \\
 & + (f \times \alpha_{par}) + (g \times U_{par}) + (h \times PD/AU_{amb}) + (i \times CT_{alta}) + (j \times Ab_S) + (k \times \alpha_{cob}) \\
 & + (l \times solo) + (m \times F_{vent}) + (n \times CT_{cob}) + (o \times SomA_{par}) + (p \times AU_{amb}) \\
 & + (q \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (r \times vid) + (s \times AAb_O \times (1-somb)) \\
 & + (t \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (u \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (v \times pil) \\
 & + (w \times AAb_L \times (1-somb)) + (x \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) \\
 & + [y \times (U_{par} \times \alpha_{par}/CT_{par}) \times SomA_{par}] + (z \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (aa \times P_{ambN}) \\
 & + (ab \times Ab_N) + (ac \times AP_{ambN}) + (ad \times cob \times AU_{amb}) + (ae \times AAb_N \times F_{vent}) \\
 & + (af \times AP_{ambN} \times U_{par}) + [ag \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] \\
 & + (ah \times AAb_L \times somb) + (ai \times AAb_O) + (aj \times PD) + (ak \times AAb_S \times somb) \\
 & + (al \times AAb_N \times somb) + (am \times A_{parInt}) + (an \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (ao \times AAb_S) \\
 & + (ap \times AP_{ambS} \times U_{par}) + (aq \times AAb_S \times F_{vent}) + (ar \times isol) \\
 & + (as \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (at \times P_{ambO}) + (au \times AP_{ambO}) + (av \times Ab_O)
 \end{aligned}$$

EQUAÇÃO 3 - INCADOR DE GRAUS E HORAS PARA RESFRIAMENTO DA ZB2 (FONTE- BRASIL, 2012)

Eficiência	EqNumEnvAmbResfr	Condição
A	5	$GH_R \leq 2.310$
B	4	$2.310 < GH_R \leq 4.396$
C	3	$4.396 < GH_R \leq 6.481$
D	2	$6.481 < GH_R \leq 8.567$
E	1	$GH_R > 8.567$

TABELA 7 - EQUIVALENTE NUMERICO DA ENVOLTÓRIA PARA RESFRIAMENTO DA ZB2 (FONTE- BRASIL, 2012)

As EQUAÇÃO 04 e a TABELA 08 representam respectivamente o cálculo para obter o consumo relativo para aquecimento e o equivalente numérico para aquecimento em uma edificação localizada na Zona Bioclimática 2.



$$\begin{aligned}
C_A = & [(a) + (PD \cdot AU_{amb} \cdot b) + (CT_{baixa} \cdot c) + (pil \cdot AU_{amb} \cdot d) + (isol \cdot e) \\
& + (PambS \cdot f) + (A_{parInt} \cdot CT_{par} \cdot g) + ((U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomaA_{parext} \cdot h) \\
& + (\alpha_{par} \cdot i) + ((U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb} \cdot j) + (AAbN \cdot F_{vent} \cdot k) + (solo \cdot AU_{amb} \cdot l) \\
& + (cob \cdot AU_{amb} \cdot m) + (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb} \cdot n) + (AU_{amb} \cdot o) \\
& + (AAbs \cdot U_{vid} \cdot p) + (U_{par} \cdot q) + (AAbL \cdot U_{vid} \cdot r) + (AP_{ambS} \cdot s) \\
& + (SomaA_{parext} \cdot CT_{par} \cdot t) + (A_{parInt} \cdot u) + (AP_{ambN} \cdot \alpha_{par} \cdot v) + (vid \cdot w) \\
& + (CT_{cob} \cdot x) + (cob \cdot y) + (CT_{par} \cdot z) + (\alpha_{cob} \cdot aa) + (AP_{ambS} \cdot \alpha_{par} \cdot ab) \\
& + (AAbs \cdot ac) + (A_{pambN} \cdot U_{par} \cdot ad) + (A_{pambS} \cdot U_{par} \cdot ae) + (pil \cdot af) \\
& + (PD / AU_{amb} \cdot ag) + (AAbO \cdot F_{vent} \cdot ah) + (AAbO \cdot U_{vid} \cdot ai) + (solo \cdot aj) \\
& + (somb \cdot ak) + (SomaA_{parext} \cdot al) + (AAbN \cdot U_{vid} \cdot am) + (AAbN \cdot an) \\
& + (AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot ao) + (AAbL \cdot F_{vent} \cdot ap) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot aq) \\
& + (AP_{ambN} \cdot ar) + (CT_{alta} \cdot as) + (AAbO \cdot at) + (AP_{ambL} \cdot \alpha_{par} \cdot au) \\
& + (AP_{ambO} \cdot \alpha_{par} \cdot av) + (AAbs \cdot somb \cdot aw) \\
& + (AAbs \cdot (1-somb) \cdot ax)] / (AU_{amb} \cdot 1000)
\end{aligned}$$

EQUAÇÃO 4 - CONSUMO RELATIVO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DA ZB2 (FONTE- BRASIL, 2012)

Eficiência	EqNumEnvAmb <sub>A</sub>	Condição (kWh/m <sup>2</sup> .ano)
A	5	$C_A \leq 15,591$
B	4	$15,591 < C_A \leq 31,182$
C	3	$31,182 < C_A \leq 46,772$
D	2	$46,772 < C_A \leq 62,363$
E	1	$C_A > 62,363$

TABELA 8 - EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA DO AMBIENTE PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DA ZB2 (FONTE – BRASIL, 2012)

O equivalente numérico da envoltória para resfriamento e o equivalente numérico para aquecimento são obtidos através da ponderação de seus respectivos valores pelas áreas uteis dos ambientes analisados. Estes resultados serão adicionados em outra formula para achar o equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional de acordo com a Zona Bioclimática, como exemplo, abaixo segue a formula relativa para cálculos de UHs localizadas na Zona Bioclimática 2 (EQUAÇÃO 05).

$$EqNumEnv = 0,44 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,56 \times EqNumEnv_A$$

EQUAÇÃO 5 - EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTORIA DA UH PARA ZB2 (FONTE – BRASIL, 2012)

### 2.2.2 Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água (EqNumAA):

O RTQ-R determina que as tubulações para água quente devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam e devem atender as normas técnicas de produtos aplicáveis. Para reservatórios de água quente instalados em sistemas que não sejam de aquecimento solar deve-se comprovar que a estrutura do reservatório apresenta resistência térmica mínima de 2,20 (m K) / W.

Para alcançar níveis A e B a edificação deve comprovar que as tubulações das instalações hidrossanitárias são metálicas para água quente e que possuem isolamento térmico com espessura mínima, em centímetros, de acordo com a tabela abaixo.

Temperatura da água (°C)	Condutividade térmica (W/mK)	Diâmetro nominal da tubulação (mm)	
		< 40	≥ 40
T ≥ 38	0,032 a 0,040	1,0 cm	2,5 cm

TABELA 9 - ESPESSURA MÍNIMA PARA TUBULAÇÕES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA (FONTE – BRASIL, 2012)

As tubulações não metálicas para água quente devem ter espessura mínima do isolamento de 1cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mk.

Para os isolamentos onde a condutividade térmica esteja fora da faixa determinada na tabela 06, a espessura mínima (E) deve ser determinada através da EQUAÇÃO 06 abaixo.

$$E = r \left\{ \left( 1 + \frac{e}{r} \right)^{\lambda/\lambda'} - 1 \right\}$$

EQUAÇÃO 6 - ESPESSURA MÍNIMA DE ISOLAMENTO PARA ISOLANTES COM CONDUTIVIDADE TÉRMICA FORA DA FAIXA ESTIPULADA NA TABELA 07 (FONTE – BRASIL, 2012)

Onde:

E: espessura mínima de isolamento (cm);

r: raio externo da tubulação (cm);

e: espessura de isolamento listada na tabela 06 para temperatura da água e tamanho da tubulação em questão;

$\lambda$ : condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mk);



$\lambda'$ : valor superior do intervalo de condutividade listado na tabela 06 para a temperatura de água (W/mk).

A eficiência de sistemas de aquecimento de água através de eletricidade como aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas, são definidas em função da potência do aparelho, desde que façam parte do PBE, considerando a última versão publicada na página do Inmetro.

A classificação dos aparelhos recebe eficiência:

- D, para aparelhos com potência P menor ou igual à 4600W;
- E, para aparelhos com potência P maior que 4600W.

Os equipamentos com potência regulável serão classificados pela maior potência e os não classificados pelo Inmetro receberão classificação de nível E. O equivalente numérico para aquecimento de água deve ser definido de acordo com a classificação na tabela 01.

### **2.2.3 Bonificações:**

As bonificações do RTQ-R são relativas a iniciativas que aumentem a eficiência da UH, podendo aumentar em até 1 ponto no cálculo da pontuação total da UH. A pontuação pode ser obtida nos seguintes itens:

- Bonificação referente à ventilação natural, cuja pontuação possível é de 0,40 pontos;
- Bonificação referente à iluminação natural, cuja pontuação possível é de 0,30 pontos;
- Bonificação referente ao uso racional de água, cuja pontuação possível é de 0,20 pontos;
- Bonificação referente ao condicionamento artificial de ar, cuja pontuação possível é de 0,20 pontos;
- Bonificação referente à iluminação artificial, cuja pontuação varia de 0,05 a 0,10 pontos;
- Bonificação referente a ventiladores de teto instalados na UH, cuja pontuação obtida 0,10 pontos;
- Bonificação referente a refrigeradores instalados na UH, cuja pontuação possível 0,10 pontos;
- Bonificação referente à medição individualizada, cuja pontuação possível é 0,10 pontos.

## 2.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta monografia é uma unidade habitacional de pavimento intermediário, sem contato com o solo ou com a cobertura, que faz parte do programa Minha Casa Minha Vida do governo brasileiro e está localizado no bairro Chácaras Reunidas Santa Terezinha na cidade de Contagem / MG, como está demonstrado na Figura 03.

A edificação é um empreendimento com cinco cômodos em cada apartamento, sendo três deles ambientes de permanência prolongada, o edifício analisado possui quartos voltados para a orientação noroeste, sala e cozinha enquadrando-se na norma de áreas abertas e fechadas da prefeitura de Contagem assim como ilustra a FIGURA 03.



FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE HABITACIONAL  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

### 2.3.1 Análise das condicionantes legais do objeto de estudo

A Unidade Habitacional analisada está localizada na Zona de Expansão Urbana 1 (ZEU 1) segundo o mapa de Macrozoneamento da cidade de Contagem (ver Figura 04). Sendo assim é permitido a construção de residências multifamiliares no local e podem ter coeficiente de adensamento 1 desde que o lote tenha ao menos 360m<sup>2</sup> como ilustra a FIGURA 04 abaixo.

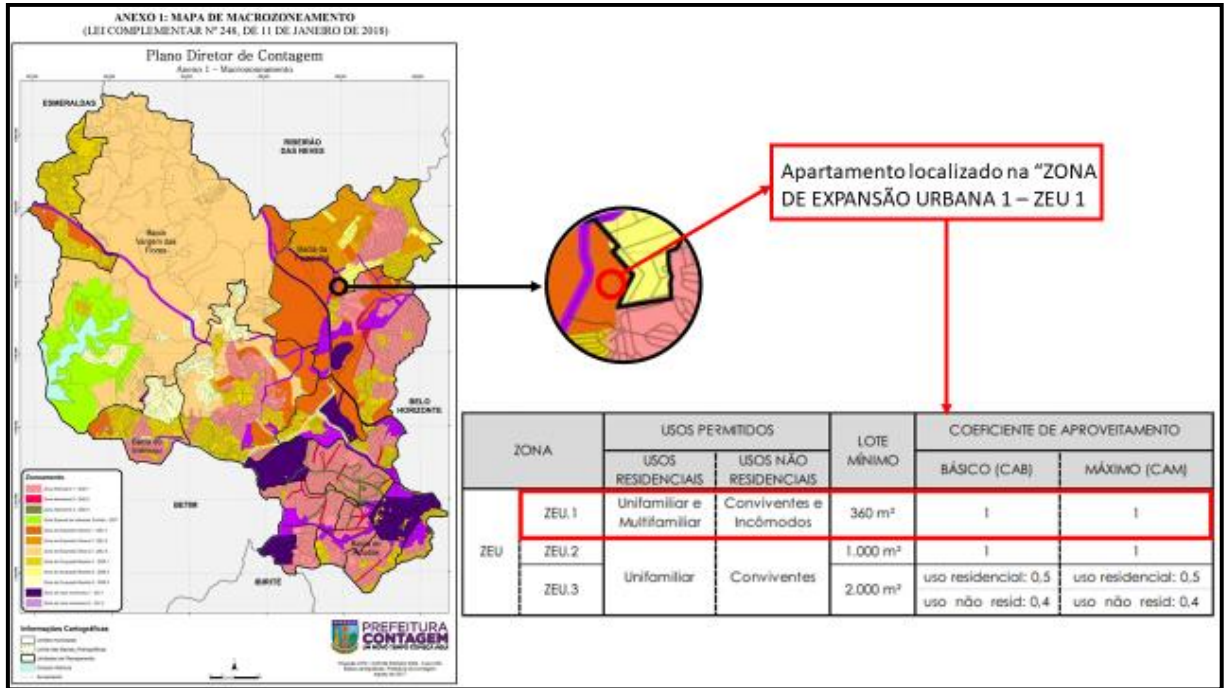


FIGURA 4 - MACROZONEAMENTO DE CONTAGEM – LOCALIZAÇÃO UH  
(FONTE – PREFEITURA DE CONTAGEM / MG)

Na FIGURA 05 está representando a planta do apartamento tipo desta unidade habitacional que possui quatro andares de apartamentos e a cobertura que não é acessível para os moradores. Na TABELA 10 é possível observar as áreas dos ambientes do apartamento tipo, altura do pé direito e áreas de aberturas.

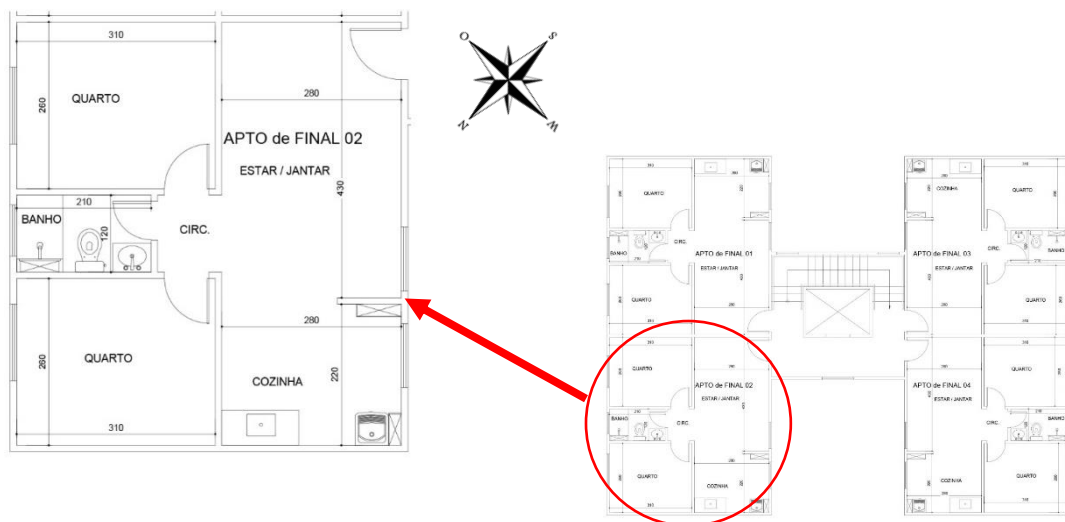


FIGURA 5 - PLANTA APARTAMENTO TIPO  
(FONTE – ACERVO MRV ENGENHARIA)

AMBIENTE	ÁREA	ÁREA DE ABERTURA DA JANELA	PÉ DIREITO
SALA DE ESTAR E JANTAR	12,04m <sup>2</sup>	2,4m <sup>2</sup> (19,93%)	2,6m
QUARTO QUE FAZ DIVISA COM A COZINHA	8,06m <sup>2</sup>	1,44m <sup>2</sup> (17,86%)	2,6m
QUARTO QUE FAZ DIVISA COM A SALA	8,06m <sup>2</sup>	1,44m <sup>2</sup> (17,86%)	2,6m
BANHEIRO	2,52m <sup>2</sup>	0,64m <sup>2</sup> (25,39%)	2,6m
COZINHA	6,16m <sup>2</sup>	1,1m <sup>2</sup> (17,85%)	2,6m

TABELA 10 - LEVANTAMENTO DE ÁREAS DOS AMBIENTES  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

De acordo com a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) a Unidade Habitacional analisada está localizada na Zona Bioclimática 02, região característica de um clima temperado com inverno seco de temperaturas baixas e verão chuvoso com temperaturas altas.

Devido a essas características e por estar localizado a 902m acima do nível do mar, a NBR 15.220-3 recomenda que as edificações da região contenham ventilação cruzada ao longo do ano, proteção solar para controlar a entrada de calor nos ambientes, métodos construtivos com inércia térmica para controle da temperatura interna, ventilação seletiva em alguns horários de temperatura elevada, refrigeração por evaporação para controle da temperatura interna e entre outras recomendações. A figura abaixo ilustra o posicionamento da UH na Zona Bioclimática com alguns dados referentes a sua localização.

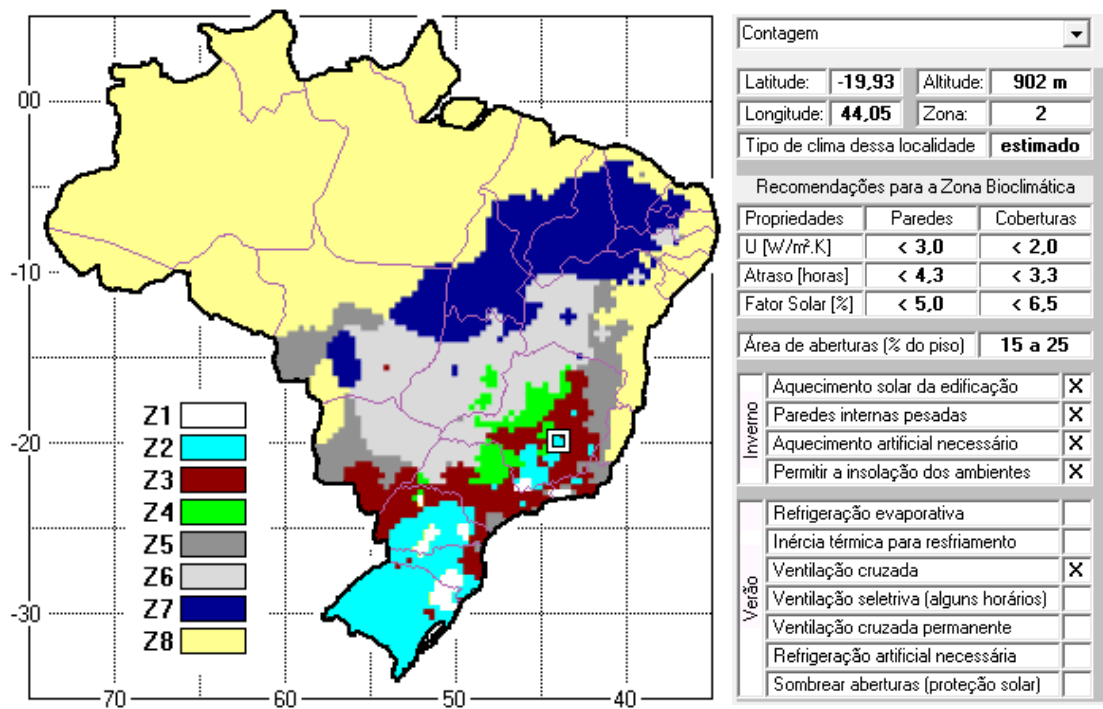


FIGURA 6 - ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO – LOCALIZAÇÃO UH  
(FONTE – NBR15.220-3; ZBBR)

### 2.3.2 Análise das condicionantes físicas do objeto de estudo

As habitações possuem quartos de aproximadamente 8m<sup>2</sup> pintados na cor branca, o que favorece a reflexão de luz pelo ambiente. O pé direito é o mínimo de 2,6m exigidos pelo código de obras e a profundidade dos dormitórios são de 3,1m. A janela também atende o mínimo exigido de 1/6 do ambiente, uma vez que elas possuem 1,44m<sup>2</sup> e 1/6 da área do quarto equivale a 1,34m<sup>2</sup>. A FIGURA 07 abaixo representa um dos quartos da habitação.

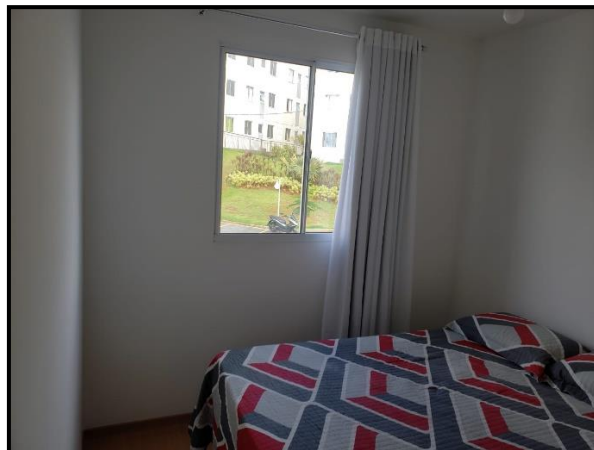


FIGURA 7 - QUARTO DA UH  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

A sala também é pintada na cor branca, facilitando a reflexão de luz, porém a janela é localizada em uma das extremidades, limitando assim o alcance da área com eficiência de iluminação. O ambiente possui aproximadamente  $12\text{m}^2$  e a área da janela de peitoril baixo presente no local é de  $2,4\text{m}^2$ . Como o Código de Obras de Contagem não determina o posicionamento de abertura de iluminação, desta forma a sala se enquadra nas normas municipais, uma vez que a abertura é maior do que  $1/6$  da área do ambiente. A imagem abaixo é referente a sala de uma das UH.



FIGURA 8 - SALA DA UH  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

O banheiro da UH possui aproximadamente  $2,5\text{m}^2$ , uma janela com  $0,64\text{m}^2$  e é iluminado diretamente com o exterior. Como o Código de Obras de Contagem determina que o vão de abertura deve ser  $1/8$  da área do ambiente, então o banheiro também está regularizado de acordo com as normas uma vez que ele possui abertura de  $0,64\text{m}^2$  e  $1/8$  do ambiente equivale a  $0,31\text{m}^2$ . O apartamento possui aquecimento de água apenas através de chuveiro elétrico com  $5500\text{W}$ . A imagem abaixo é referente a um banheiro da UH analisada.



FIGURA 9 - BANHEIRO DA UH  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

A cozinha / área de serviço da UH possui aproximadamente 6m<sup>2</sup> e uma janela de 1,1m<sup>2</sup>. Sendo assim ela é aprovada uma vez que possui vão de abertura maior que 1/6 da área do ambiente. As suas paredes e o teto são revestidos também na cor branca. A imagem a seguir é referente a uma cozinha da UH analisada.



FIGURA 10 - COZINHA DA UH  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)

De acordo com informações fornecidas por um funcionário da área de projetos da construtora responsável pela construção da UH, o edifício foi construído com o método pré-fabricado de bloco de cimento com espessura final das paredes externas de 15cm, que é o que determina o Código de Obras da cidade de Contagem. De acordo com o catálogo de propriedades térmicas do INMETRO (2013) um bloco de cimento com reboco e pintura na cor branca possui  $U= 3,9 \text{ W/m}^2\text{k}$  e um  $CT= 360$



$\text{Kj/m}^2\text{K}$  (FIGURA 12). O edifício tem todas as suas paredes externas pintadas em cores claras como é possível visualizar na FIGURA 11.



FIGURA 11 - UNIDADE HABITACIONAL ANALISADA  
(FONTE – ACERVO PESSOAL)



FIGURA 12 - PROPRIEDADES DE PAREDE CIMENTÍCIA COM 15cm DE EXPESSURA  
(FONTE – INMETRO, 2013)



### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho é um estudo de caso para aplicação do método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais em uma Unidade Habitacional na cidade de Contagem/MG e posteriormente apresentar uma análise comparativa entre o resultado obtido e o código de obras do Município.

O trabalho propõe uma discussão técnica, a partir da análise do nível de eficiência energética de uma Unidade Habitacional, UH. Com o levantamento das informações físicas e legais da UH analisada foi preenchida a planilha prescritiva do RTQ-R e observados os resultados obtidos. Posteriormente foram propostas alterações na edificação, como readequação das paredes para esse atender ao requisito de transmitância térmica e implantação de sistema de aquecimento de água apresentando os gastos de instalação e o tempo necessário para reaver o investimento.

Foi feito o preenchimento da planilha prescritiva do RTQ-R com as novas sugestões propostas para a edificação para assim verificar a melhoria no nível de eficiência energético da edificação que pode ser alcançada

Considerando os estudos e resultados obtidos no preenchimento da planilha prescritiva do método RTQ-R, procurou-se verificar como os requisitos de eficiência energética são tratados no código de obras de Contagem.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS DO RTQ-R

Com todos os estudos realizados sobre as habitações sociais, o Código de Obras da cidade de Contagem e sobre o RTQ-R, foi preenchida a planilha prescritiva do RTQ-R para obter a pontuação final do apartamento analisado. Na primeira parte da planilha é preciso preencher os dados físicos dos ambientes de permanência prolongada para se obter o equivalente numérico da envoltória. Os seguintes resultados foram encontrados.

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 02	QUARTO 01
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	12,04	8,06	8,06
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	0,00	0,00	0,00
	CTeob	kJ/m <sup>2</sup> .K	1,00	1,00	1,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	3,90	3,90	3,90
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	360,00	360,00	360,00
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	8,06
	SUL	m <sup>2</sup>	7,28	8,06	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	7,28	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,76	6,76
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	1,20	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	1,56	1,56
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,50	0,50	0,50
	Somb	adimensional	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes	m <sup>2</sup>	29,12	29,64	29,64
	Pé Direito	m	2,60	2,60	2,60
	ℓ altura	adimensional	0,216	0,323	0,323
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	1	1	1
	vid	binário	1	1	1
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	1	1	1
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D 7136	D 7962	E 9082
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	A 2,285	A -1,775	A -3,226
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	Não se aplica 0,000	B 8,889	B 9,770

TABELA 11 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - ENVOLTÓRIA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas		360	360	360
		Upar, CTpar e upar atendem?	Não	Não	Não	Não
	Cobertura	Ucob, Ctoob e uacob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório? Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste		Não Não 12,04	Sim Não 8,06
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]		2,4	1,44	1,44
		Ail/Auamb (%)		19,93	17,87	17,87
		Atende 12,5%?		sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação		0,6	0,72	0,72
		Av/Auamb (%)		4,98	8,93	8,93
		Atende % mínima?		Não	Sim	Sim
		Tipo de abertura		CORRER 2 FOLHAS	CORRER 2 FOLHAS	CORRER 2 FOLHAS
		Abertura passível de fechamento?		Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?		Não	Não	Não
Atende?		Não	Sim	Sim	Sim	
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Penalização da nota pela área útil do					
	Envoltória para Verão	D		D	D	E
		1,71		2,00	2,00	1,00
	Envoltória para Inverno	C		C	C	C
		3,00		3,00	3,00	3,00
Envoltória se Refrigerada	C		Não se aplica	C	C	
	3,00		0,00	3,00	3,00	

TABELA 12 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - ENVOLTÓRIA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Após análise do preenchimento dos pré-requisitos dos ambientes foi observado que a transmitância térmica de 3,9 W/(m<sup>2</sup>K) referente a concreto maciço nas paredes externas não atende à demanda para a zona bioclimática analisada, causando assim penalização na envoltória. Todos os ambientes denominados de permanência prolongada obtiveram classificações baixas para Indicadores de Graus-hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Refrigeração. Completando a segunda parte da envoltória, obteve-se o resultado de uma nota D para os pré-requisitos da UH como demonstra a tabela abaixo.

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	2,4
		Área Aberturas orientação Oeste	3,84
		A2/A1	0,625
	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	
Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	D	D
		1,71	1,71
	Envoltória para Inverno	C	C
3,00		3,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	C	
		3,00	3,00
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		D	D
		2,43	2,43

TABELA 13 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - ENVOLTÓRIA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Em seguida foram preenchidas as informações sobre bonificações na planilha, onde a UH analisada obteve 0,52 pontos em bonificações. Como a UH analisada já está construída, foi possível bonificar itens geralmente não avaliados na fase de projeto. As bonificações obtidas foram relacionadas à iluminação artificial quando a edificação possui em todos os ambientes lâmpadas com eficiência superior a 75 lm/W ou com selo Procel. A iluminação natural quando a maioria dos ambientes com iluminação natural lateral possuem a profundidade do ambiente maior ou igual a (2,4 x distância média entre o piso e a altura máxima da abertura para ventilação sem caixilhos). A refletância do teto de cor branca possui refletância de 75%, sendo pontuados ambientes com refletância superior a 60%. A TABELA 14 representa as informações citadas acima.

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m <sup>2</sup> )	0
		AATVS (m <sup>2</sup> )	0
		AATVL (m <sup>2</sup> )	2,4
		AATVO (m <sup>2</sup> )	3,84
		ATFN (m <sup>2</sup> )	16,51
		ATFS (m <sup>2</sup> )	0
		ATFL (m <sup>2</sup> )	14,17
		ATFNO (m <sup>2</sup> )	18,2
		Pavimento da UH	3
		Porosidade a Atender	16,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	16,9%
		Porosidade Oeste	21,1%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Sim
		Bonificação	0,12
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	0
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
		Bonificação	0
	Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura?	
		Bonificação	0

TABELA 14 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - BONIFICAÇÕES  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_s$ ?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Não
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Não
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
Bonificação		0	
<b>Total de bonificações</b>			<b>0,52</b>

TABELA 15 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - BONIFICAÇÕES  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

No item relativo ao aquecimento de água a UH analisada obteve nota E, uma vez que a única forma de aquecimento é feita por chuveiro elétrico de 5.500W como demonstra a TABELA 16.

<b>Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água</b>	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Não
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m <sup>2</sup> K)/W ?	Não
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Não
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Não
	<b>A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:</b>	<b>C</b>

<b>Sistema de Aquecimento Elétrico</b>		
<b>Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas</b>	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	5500
	Demanda	100
	<b>Classificação</b>	<b>E</b>
<b>Aquecedor elétrico de Hidromassagem</b>	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	
	Demanda	
	<b>Classificação</b>	
<b>Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)</b>	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	
	<b>Classificação</b>	
<b>Caldeiras a óleo</b>	Apresenta Caldeira a óleo?	
	Demanda	
	<b>Classificação</b>	
	<b>Nota final para o aquecimento de água</b>	<b>E</b>
		1,00

TABELA 16 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q – AQUECIMENTO DE ÁGUA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Por fim, na classificação final que obtém a pontuação total do nível de eficiência da UH pela junção de todas as envoltórias dos ambientes de permanência prolongada e as pontuações relativas à unidade como um todo e do sistema de aquecimento de água, o apartamento analisado obteve uma nota de 2,45 pontos alcançando assim uma pontuação D no Regulamento Técnico da Qualidade Residencial como demonstra a tabela a seguir.

<b>Pontuação Total</b>	Identificação	APARTAMENTO TCC
	Envoltória para Verão	D 1,71
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	D 2,43
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,52
	Região	Sudeste
	Coeficiente a	0,65
	<b>Classificação final da UH</b>	<b>D</b>
<b>Pontuação Total</b>	<b>2,45</b>	

TABELA 17 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q – PONTUAÇÃO TOTAL DA UH  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)



## **4.2 MEDIDAS PARA AUMENTAR A PONTUAÇÃO NO RTQ-R**

### **4.2.1 Envolvória**

A parede maciça de concreto adotada na construção do edifício analisado não atende os pré-requisitos mínimos para a zona bioclimática 02 que exige uma transmitância térmica menor que  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Propondo a utilização de um isolante térmico de poliestireno expandido as paredes da edificação passariam a ter uma transmitância térmica de  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  e uma capacidade térmica de  $361 \text{ kJ/ (m}^2\text{K)}$ , fazendo assim com que os requisitos de transmitância térmica e capacidade térmica da envoltória sejam atingidos.

A edificação não possui sistemas de sombreamento, ocasionando assim notas D e E para o indicador de resfriamento dos ambientes e para a envoltória de verão. Propondo a inserção de venezianas nas janelas, será gerado um sombreamento igual a 1, aumentando assim os resultados do edifício na envoltória.

As propostas apresentadas para a envoltória resultam em uma nota C para a edificação no verão, uma nota A no inverno e uma nota A na envoltória de resfriamento. Com utilização do isolante e a inserção da veneziana nas janelas a edificação passa de uma nota geral D na envoltória para uma nota de nível B.

### **4.2.2 Aquecimento solar de água**

A ABNT NBR 15569 define o Sistema de aquecimento de água como um sistema composto por coletores solares, reservatório térmico, aquecimento auxiliar, acessórios e suas interligações hidráulicas. O RTQ-R contabiliza pontuações para residências que possuem sistemas alternativos de aquecimento de água que valorizem a sustentabilidade como o aquecimento solar.

Uma das formas de aquecimento de água por meio do sol é o sistema de termosifão ou aquecimento natural, onde a água quente circula entre o boiler (reservatório térmico) e as placas coletoras através da variação de densidade da água quente em função da sua temperatura, onde a água quente por ser menos densa sobe e a fria por ser mais densa desce, causando assim a circulação que abastece o sistema da edificação com água quente.

Para melhorar a classificação no quesito aquecimento de água do RTQ-R foi feito uma simulação de implantação de aquecimento solar com o sistema de

termosifão na UH analisada nesta monografia. Os passos para esta implantação e os investimentos necessários serão detalhados abaixo.

#### 4.2.3 Dimensionamento do sistema de aquecimento solar

Para implantar o sistema de aquecimento solar é preciso determinar a área necessária para instalar o sistema e o volume de água quente necessário para atender a demanda diária de todos os apartamentos da UH. O cálculo é feito a partir da quantidade de pessoas que habitam cada residência. De acordo com a ABNT – NB 128, (2000) – Tabela 1, a UH analisada por se tratar de um apartamento tem a necessidade de 60 litros de água quente por indivíduo diariamente.

TABELA I	
Estimativa de consumo	
Prédio	Consumo litros/dia
Alojamento provisório	24 por pessoa
Casa popular ou rural	36 por pessoa
Residência	45 por pessoa
Apartamento	60 por pessoa
Quartel	45 por pessoa
Escola internato	45 por pessoa
Hotel (sem cozinha e sem lavanderia)	36 por hóspede
Hospital	125 por leito
Restaurante e similar	12 por refeição
Lavanderia	15 por kg de roupa seca

TABELA 18 - CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA QUENTE (FONTE – ABNT – NB 128 – TABELA 1, 2000)

Levando em conta o consumo diário de água quente, o consumo médio de um edifício é calculado através da fórmula  $\{N^{\circ}$  de Unidades (apartamento/casa)  $\times$   $N^{\circ}$  de Habitantes  $\times$  50 litros diários (média diária de acordo com a NB 128 (2000))}. Desta forma o consumo diário de água quente da UH analisada é:

$N^{\circ}$  de unidades (16)  $\times$   $N^{\circ}$  habitantes (4)  $\times$  50L diários = **3200L de água quente por dia**

Com o resultado do uso diário de 3200L de água quente por dia na UH, é preciso analisar a tabela II da NB 128, onde podemos chegar à conclusão de que a unidade habitacional precisará de um reservatório de água quente de 2000 litros para atender a demanda do edifício.

TABELA II		
Dimensionamento indicado para aquecedores elétricos de acumulação		
Consumo diário a 70°C litros	Capacidade do aquecedor litros	Potência kW
60	50	0,75
95	75	0,75
130	100	1,0
200	150	1,25
260	200	1,5
330	250	2,0
430	300	2,5
570	400	3,0
700	500	4,0
850	600	4,5
1.150	750	5,5
1.500	1.000	7,0
1.900	1.250	8,5
2.300	1.500	10,0
2.900	1.750	12,0
3.300	2.000	14,0
4.200	2.500	17,0
5.000	3.000	20,0

TABELA 19 - DIMENSIONAMENTO INDICADO PARA AQUECEDORES DE ACUMULAÇÃO  
(FONTE – ABNT – NB 128 – TABELA 2, 2000)

O dimensionamento necessário da área para implantar o sistema é calculado pela fórmula (1 m<sup>2</sup> de placa para iniciar o sistema + 1m<sup>2</sup> de placa para cada 100 litros de água quente, ou fração), onde consegue-se chegar no dimensionamento para a UH analisada:

3200L de água quente por dia / 100L = 32m<sup>2</sup> de área de placa + 1m<sup>2</sup> para iniciar o sistema = **33m<sup>2</sup> de área para instalar o sistema**

Assim chega-se à conclusão de que é possível instalar o sistema de aquecimento de água na UH analisada, uma vez que a área necessária para a instalação das placas é de 33m<sup>2</sup> e a área existente de terraço é de aproximadamente 177m<sup>2</sup>.

#### 4.2.4 Tempo de pay-back do sistema de aquecimento solar (cálculo simples)

O tempo para reaver o investimento no sistema de aquecimento solar é possível ser calculado pela fórmula {Valor total de implantação do sistema de aquecimento / [(valor da conta de energia sem a implantação do sistema – valor da conta de energia com implantação do sistema) x 12 para achar a diferença anual x número de habitações] = tempo necessário para reaver o investimento inicial}.

Esse método leva em conta os gastos totais com energia na residência sem separar especificamente apenas gastos de energia com aquecimento de água.

Fazendo orçamentos com empresas especializadas na implantação de sistema de aquecimento de água chegou-se à conclusão de que o investimento médio para fazer a implantação deste sistema com um boiler de 2000 litros é de R\$18.000,00. Posteriormente foi analisada a conta de energia de uma residência com 4 pessoas que não possui o sistema de aquecimento de água e também a análise de uma residência com 4 pessoas que possui o sistema de aquecimento de água.

MEDIDOR N°: AMC0990		05/12	07/01	04/02	
Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Medição	Consumo kWh	
Energia Elétrica	33817	34117	1	300	
VALORES FATURADOS					
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)		
Energia Elétrica kWh	300	0,99725604	299,14		

FIGURA 13 - CONTA DE ENERGIA DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA (FONTE – ACÉRVO PESSOAL)

MEDIDOR N°: APG192042606		12/11	11/12	12/01	
Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Medição	Consumo kWh	
Energia Elétrica	1267	1456	1	189	
VALORES FATURADOS					
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)		
Energia Elétrica kWh	189	0,95755366	180,97		

FIGURA 14 - CONTA DE ENERGIA DE HABITAÇÃO COM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA (FONTE – ACÉRVO PESSOAL)

Analisando as contas de energia entre as edificações com e sem aquecimento solar de água é possível perceber uma diferença entre elas de R\$ 118,17 e de 111Kwh de economia. Desta forma o tempo de retorno da UH com a implantação do sistema de aquecimento solar poderia ser da ordem de:

$$18000 / \{(118,17 \times 12) \times 16 \text{ habitações}\} = \mathbf{0,79 \text{ anos, o que representa aproximadamente um tempo necessário de pay back de 10 meses}}$$

#### 4.2.5 Tempo de pay back do sistema de aquecimento solar (cálculo complexo)

Nesta simulação para calcular o tempo de pay back de um sistema de aquecimento solar com *backup* elétrico foi usado como base o sistema com chuveiro elétrico de 5500W, que é usado atualmente nas habitações estudadas, com 4 pessoas por UH, tomando um banho de 10 min/dia cada uma por 30 dias. A tarifa usada para a estimativa do cálculo foi a tarifa mínima residencial da CEMIG referente ao mês de fevereiro de 2021, ou seja R\$0,618 / kWh, calculando assim os gastos com água

quente através da eletricidade. Em contraponto, foi calculado o consumo de um boiler elétrico com capacidade de 2000L com a mesma demanda, funcionando com demanda de 30% e o sistema de aquecimento solar funcionando com demanda de 70%. De acordo com pesquisas de mercado realizada com fornecedores que fazem instalação de sistemas de aquecimento solar, este sistema com boiler de 2000L para atender 16UH com 4 pessoas cada sai em média R\$18.000,00. A inflação considerada para o cálculo foi de 7% ao ano. Desta forma, o tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente 10 meses. Os valores obtidos podem ser vistos na tabela abaixo.

<b>Projeto Atual</b>
Sistema – Chuveiro elétrico com 5500W
Tarifa (R\$/kWh) – R\$ 0,618
Tempo de banho por UH – 10min x 4 pessoas = 40min = 0,67h
Dias de consumo por mês – 30 dias
Consumo (KW) = [Potência (w) x Tempo (h)/1000] x 30 dias = 110,55KW
Consumo em R\$ = Consumo kWh/Mês x tarifa = R\$ 68,31
Gasto Total = 16 unidades x 68,31 = R\$ 1093,11 por mês
<b>Projeto Modificado</b>
Sistema de aquecimento solar com boiler – 2000 L
Demanda do sistema de aquecimento – 70%
Demanda do Boiler – 30%
Economia nos gastos de energia com aquecimento de água – 100%
Gasto total das 16UH/mês – R\$ 1093,11
<b>Pay Back = (R\$ 18.000/ R\$ 1093,11) x 1,07 = 17,61 meses</b>

TABELA 20 - TEMPO DE PAY BACK COM BASE NOS GASTOS COM AQUECIMENTO DE ÁGUA FONTE – ACERVO PESSOAL

### 4.3 NOVAS BONIFICAÇÕES

Tomando medidas como a medição individualizada para o uso de água de cada apartamento e instalação de ventiladores de teto a UH analisada conseguiria obter aumento da pontuação final da UH. Estas medidas levariam melhor conforto para os ambientes de permanência prolongada que se encontram em orientação geográfica que recebem o sol da tarde.

### 4.4 NOVA PONTUAÇÃO DO RTQ-R

Com as medidas para melhora da pontuação final da UH no RTQ-R foi obtido o resultado de uma melhora de 2,41 pontos, alcançando assim 5,23 pontos e uma a classificação de nível A. Com essa melhora houve um aumento no desempenho da envoltória e também uma economia com a implantação do sistema de aquecimento solar, proporcionando assim maior sustentabilidade para a edificação.

Abaixo seguem as modificações obtidas na planilha prescritiva do RTQ-R e a nova pontuação.

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona	ZB2	ZB2	ZB2
Ambiente	Identificação	adimensional	SALA	QUARTO 02	QUARTO 01
	Área útil do APP	m <sup>2</sup>	12,04	8,06	8,06
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	U <sub>cob</sub>	W/m <sup>2</sup> .K	0,00	0,00	0,00
	CT <sub>cob</sub>	kJ/m <sup>2</sup> .K	1,00	1,00	1,00
	α <sub>cob</sub>	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	U <sub>par</sub>	W/m <sup>2</sup> .K	1,30	1,30	1,30
	CT <sub>par</sub>	kJ/m <sup>2</sup> .K	361,00	361,00	361,00
	α <sub>par</sub>	adimensional	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CT <sub>baixa</sub>	binário	0	0	0
	CT <sub>alta</sub>	binário	1	1	1
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	8,06
	SUL	m <sup>2</sup>	7,28	8,06	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	7,28	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,76	6,76
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	1,20	0,00	0,00
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	1,56	1,56
Características das Aberturas	F <sub>vent</sub>	adimensional	0,50	0,50	0,50
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes	m <sup>2</sup>	29,12	29,64	29,64
	Pé Direito	m	2,60	2,60	2,60
	C <sub>altura</sub>	adimensional	0,216	0,323	0,323
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	1	1	1
	vid	binário	1	1	1
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	1	1	1
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	*C.h	<b>B</b> 3408	<b>B</b> 4217	<b>C</b> 5401
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	<b>A</b> 7,869	<b>A</b> 6,286	<b>A</b> 4,278
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	<b>Não se aplica</b> 0,000	<b>A</b> 3,888	<b>A</b> 4,160

TABELA 21 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - ENVOLTÓRIA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas		361	361	361
		Upar, CTpar e upar atendem?	Não	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctoob e uacob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?		Não	Sim
		Há corredor no Ambiente?		Não		Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste		12,04	8,06	8,06
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]		2,4	1,44	1,44
		Ai/Auamb (%)		19,93	17,87	17,87
		Atende 12,5%?		sim	sim	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação		0,6	0,72	0,72
		Av/Auamb (%)		4,98	8,93	8,93
		Atende 1/2 mínima?		Não	Sim	Sim
Tipo de abertura			CORRER 2 FOLHAS	CORRER 2 FOLHAS	CORRER 2 FOLHAS	
Abertura passível de fechamento?			Sim	Sim	Sim	
ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?			Não	Não	Não	
Atende?		Não	Sim	Sim	Sim	
<b>Ponderação da nota pela área útil do ambiente</b>						
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Envoltória para Verão	C	C	B	C	
		3,29	3,00	4,00	3,00	
	Envoltória para Inverno	A	A	A	A	
		5,00	5,00	5,00	5,00	
Envoltória se Refrigerada	A	Não se aplica	A	A		
	5,00	0,00	5,00	5,00		

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	2,4
		Área Aberturas orientação Oeste	3,84
		A2/A1	0,625
	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	
Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	C	C
		3,29	3,29
	Envoltória para Inverno	A	A
	5,00	5,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	A	A	
	5,00	5,00	
Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B	B
		4,25	4,25

TABELA 22 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - ENVOLTÓRIA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	2,4
		AATVO (m²)	3,84
		ATFN (m²)	16,51
		ATFS (m²)	0
		ATFL (m²)	14,17
		ATFNO (m²)	18,2
		Pavimento da UH	3
		Porosidade a Atender	16,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	16,9%
		Porosidade Oeste	21,1%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Sim	
	Bonificação	0,12	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	0
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
Bonificação		0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?		
	Bonificação	0	

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_p$ ?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
		Bonificação	0,1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Não
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Não
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Sim
Bonificação		0,1	

<b>Total de bonificações</b>	<b>0,72</b>
------------------------------	-------------

TABELA 23 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q - BONIFICAÇÕES  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)



<b>Sistema de aquecimento Solar</b>	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	2000
	Qual é a área de coletores solares existente? (m <sup>2</sup> )	33
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m <sup>2</sup> )	60,61
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	70
	<b>Classificação</b>	<b>A</b> 5
<b>Sistema de Aquecimento Elétrico</b>		
<b>Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas</b>	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	5500
	Demanda	0
	<b>Classificação</b>	<b>E</b> 1
<b>Aquecedor elétrico de Hidromassagem</b>	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (W)	0
	Demanda	
	<b>Classificação</b>	
<b>Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)</b>	Escolha uma opção ao lado:	Boiler A ou B segundo o PBE
	Demanda	30
	<b>Classificação</b>	<b>D</b> 2
<b>Caldeiras a óleo</b>	Apresenta Caldeira a óleo?	
	Demanda	
	<b>Classificação</b>	
<b>Nota final para o aquecimento de água</b>	<b>A</b> 5,00	

TABELA 24 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q – AQUECIMENTO DE ÁGUA  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

Pontuação Total	Identificação	APARTAMENTO TCC
	Envoltória para Verão	C 3,29
	Envoltória para Inverno	A 5,00
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 4,25
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A 5,00
	Bonificações	0,72
	Região	Sudeste
	Coefficiente a	0,65
<b>Classificação final da UH</b>		<b>A</b>
<b>Pontuação Total</b>		<b>5,23</b>

TABELA 25 - TABELA PRESCRITIVA RTQ-Q – PONTUAÇÃO TOTAL  
(FONTE – RTQ-R BRASIL)

#### 4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A UH analisada foi construída levando em conta os padrões e exigências mínimas solicitadas pelo Código de Obras da cidade de Contagem sem levar em consideração questões individuais de cada moradia como local de implantação, questões topográficas, geográficas, público alvo e etc.

Considerando que os quartos possuem fachadas voltas para noroeste, fachada que recebe o sol da tarde durante todo o ano, uma alternativa para melhorar a envoltória do ambiente foi a instalação de veneziana nas aberturas para controlar a incidência solar vinda de uma orientação geográfica não adequada.

Outra alternativa possível em fase de projeto seria reorganizar os ambientes internos de forma que os ambientes de permanência prolongada ficassem implantados na orientação leste ou noroeste para receberem o sol da manhã e uma menor incidência solar durante todo o ano para assim aumentar o conforto nestes cômodos.

Mas a mais importante estratégia seria pensar na especificação adequada das paredes e coberturas para evitar a penalização pelos pré-requisitos da envoltória.

Já nas bonificações e aquecimento de água alternativas simples como a instalação de ventiladores de teto, medição individualizada de água e instalação de painéis de aquecimento solar de água na cobertura dariam melhores condições de eficiência para a UH.

De forma geral apenas seguir os parâmetros dimensionais mínimos do Código de Obras de Contagem como tamanho mínimo de aberturas, tamanhos mínimos dos ambientes e afastamentos não garante uma eficiência adequada para os edifícios. Analisando os itens onde a UH perde mais pontos no RTQ-R são justamente os itens não são obrigatórios do código de obras como as bonificações e formas alternativas de aquecimento de água.

O Código de Obras teria como alternativa anexar questões como o estudo da implantação para orientação adequada dos ambientes de permanência prolongada, exigência de sistemas adicionais para reutilização de água de chuva, exigência para implantação de fontes renováveis de energia e etc. Com o Código de Obras colocando questões como estas de forma obrigatória em suas normas os construtores teriam que seguir as “novas condições mínimas” dando assim condições de eficiência mais adequadas para as moradias habitacionais.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

Esta monografia foi desenvolvida para fazer a análise e comparação dos requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais e do código de obras do Município de Contagem/MG. A análise foi feita em uma UH de um condomínio de edificações do programa Minha Casa Minha Vida.

Os resultados obtidos se referem apenas à UH analisada, podendo outras unidades habitacionais do mesmo condomínio obter resultados semelhantes ou variados, uma vez que pode haver condições de implantação diferentes entre os edifícios.

### **5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Existe um campo amplo para ser explorado entre comparações do RTQ-R e Códigos de Obras de diferentes municípios pelo Brasil. Desta forma é sugerido que futuros trabalhos acadêmicos que sejam realizados através da mesma linha de pensamento desta monografia tenham como objetivo analisar edificações localizadas em diferentes zonas bioclimáticas do Brasil, em diferentes cidades e com diversificação de questões topográficas, geográficas, construtivas e etc.

Com estes diversos parâmetros sendo adotados é interessante fazer não só a comparação entre as exigências mínimas dos códigos de obras municipais com o RTQ-R como também a comparação entre diferentes análises realizadas na mesma linha de pensamento para desta forma obter-se um banco de dados nacional que demonstre a eficiência energética existente em diversas localidades do país em edificações construídas apenas seguindo as normas mínimas contidas nas leis do município.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.220-3 Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, set. 2003.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.575-4 Edifícios habitacionais – Desempenho Parte 4: Sistemas de Vedações Verticais Externas e Internas. Rio de Janeiro, 12 mai. 2008.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.575-5 Edifícios habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 19 fev. 2013.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 03 ago. 2020.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NB 128 Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 01 nov. 1993.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.569 Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Requisitos de projeto e instalação. Rio de Janeiro, 17 abr. 2020.

AMORIM, Cláudia; et al. Habitação de interesse social: **projetos urbanísticos e arquitetônico e qualidade construtiva**. 1ª Edição. Brasília: Universidade de Brasília, 2015

BLUMENSCHHEIN, R. N.; PEIXOTO, E.; GUINANCIO, C. Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanísticos e arquitetônico e qualidade construtiva. Unb/FAU, Brasília, 2015. 214 p. ISBN: 978-85-60762-20-0.

BONDUKI, Nábil. **Origens da habitação social no Brasil**. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/470900/mod\\_resource/content/1/Origens%20da%20habita%C3%A7%C3%A3o%20social%20no%20Brasil.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/470900/mod_resource/content/1/Origens%20da%20habita%C3%A7%C3%A3o%20social%20no%20Brasil.pdf). Acesso em: 01 fev. 2021

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Rio de Janeiro, 2013.

CASTRO, Adriana; et al. **Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral.** Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3452/1871#:~:text=Amstras%20de%20tintas%20de%20diferentes,porcentagens%20ao%20longo%20do%20espectro>. Acesso em: 02 fev. 2021

KOHLSDORF, Gunter; KOHLSDORF, Maria. **Dimensões Morfológicas dos Lugares.** Disponível em: <https://docplayer.com.br/39285819-Dimensoes-morfologicas-dos-lugares-maria-elaine-kohlsdorf-serie-a-cidade-como-arquitetura-3-tese-inicial.html>. Acesso em: 01 fev. 2021

CONTAGEM. **Plano Diretor do Município de Contagem/MG.** Disponível em: <http://www.cmc.mg.gov.br/wordpress/wp-content/uploads/2017/11/1-Minuta-Plano-Diretor.pdf>. Acesso em: 22 dez, 2020.

CONTAGEM. **Código de Obras do Município de Contagem/MG.** Disponível em: <http://www.contagem.mg.gov.br/?legislacao=116899>. Acesso em: 22 dez, 2020.

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos Lugares.** 2ª Edição. Boitempo Editorial. São Paulo, 2019.