

## **Estimativa do custo extra para o alcance da Classe A em edificação multifamiliar no zoneamento bioclimático 3 conforme o RTQ-R**

### ***The extra cost for reaching Class A in a multifamily building in bioclimatic zoning 3 according to the RTQ-R***

**João Victor Fragoso Cupertino, Engenheiro de Produção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais**

joao.victor.cupertino@hotmail.com

**Raquel Diniz Oliveira, Doutora em Engenharia de Estruturas, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais**

raqueldo@gmail.com

#### **Resumo**

Com a crescente demanda por energia em nossa sociedade, a eficiência energética de edificações se apresenta como um tema de bastante relevância. As residências são responsáveis por uma grande parcela da energia utilizada no país, representado cerca de 26% do total. O presente estudo objetivou estimar o custo extra para se alcançar a classificação máxima (A), segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), para uma edificação multifamiliar, em Belo Horizonte – MG (zoneamento bioclimático 3), pelo método prescritivo. Como resultado da análise do projeto original da edificação, obteve-se a classificação final “B”. Em contrapartida, as propostas de melhorias indicadas para alcançar a classe “A” resultaram em um aumento de 4,71% no custo global do empreendimento. Assim, concluiu-se que os custos para atendimento dos fatores necessários para obter uma edificação eficiente se mostraram factíveis, principalmente, pelos benefícios proporcionados pela etiquetagem aos futuros usuários.

Palavras-Chave: Edificação Multifamiliar, Eficiência Energética, Método Prescritivo, RTQ-R.

#### **Abstract**

*Taking into account the growing demand for energy in our society, building energy efficiency plays an important role in this context. The households are responsible for a large portion of the Brazilian energy used, representing around 26% of their total. The present work aims to evaluate the additional cost of reaching Class A, according to the Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Residential Buildings (RTQ-R), of a multifamily building in Belo Horizonte, Brazil (bioclimatic zone 3), by the prescriptive method. As a result of the building's original design analysis, the final classification “B” was obtained. On the other hand, the proposed improvements to achieve class “A” resulted in an increase of 4.71% in the overall cost of the real estate project. Hence, it was concluded that the costs of meeting the necessary attributes to obtain an efficient building show to be feasible, mainly, due to their benefits for future users provided by labeling it.*

*Keywords: RTQ-R; Energy Efficiency; Prescriptive Method; Multifamily Building.*

## 1. Introdução

No início dos anos 2000, houve uma crise energética no Brasil, fato que evidenciou a necessidade de reformular as políticas de geração e consumo de energia. O consumo relativo as edificações residenciais, de serviços e públicas no ano de 2020, segundo o Ministério de Minas e Energia, foi de cerca de 52% do total do consumo de energia elétrica (EPE, 2020). Tal condição demonstra a importância das edificações e o enorme potencial de redução do seu impacto tanto na sua manutenção e uso ao longo de sua ocupação, como na sua construção (PBE, 2020).

Neste contexto, deve-se considerar a influência das especificidades climáticas de cada localidade de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro, a necessidade de adaptações nos sistemas construtivos definidos para a envoltória, bem como utilizar equipamentos elétricos mais econômicos. Tais medidas podem contribuir para a redução do consumo de eletricidade nas residências sem prejuízo do atendimento das suas funções primordiais (PRESTES, 2015).

De acordo com Caldeira (2011), a eficiência de um edifício pode ser comparada à de outro quando oferece as mesmas condições ambientais e consumo menor de energia. Tais benefícios podem ser iniciados a partir da fase de projetos, por meio de medidas que culminam em redução do consumo, aplicadas aos sistemas consumidores de energia e à envoltória da edificação. Como resultado, podem ser observadas melhorias no desempenho energético e maior probabilidade de se obter melhores condições de conforto térmico e lumínico da edificação. Acrescentam-se ainda benefícios que propiciam a redução de impactos ao meio ambiente, relacionados à geração de energia, otimização energética e à adoção de medidas ambientalmente sustentáveis (MELO; JANUZZI; BAJAY, 2018)

O Conselho Mundial de Energia afirma que a rotulagem e a definição de critérios mínimos de eficiência energética são alternativas altamente benéficas para se obter rápido avanços no campo das energias renováveis (COELHO *et al.*, 2018). Além disso, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) constatou que a rotulagem acompanhada por metas de desempenho se estabelece como um mecanismo eficiente para redução do consumo de energia no Brasil. No Brasil, a etiquetagem de edifícios faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem. Esse programa permite qualificar edificações de acordo com a mesma classificação obtida para outros produtos (INMETRO, 2021).

A etiquetagem de edificações consiste em avaliar seu desempenho energético conforme determinados parâmetros e exigências (Pérez-Lombard *et al.*, 2009). Seu objetivo consiste em manter os usuários informados sobre o consumo energético de equipamentos e promover uma maior conscientização acerca do potencial da sua economia. A etiqueta é, portanto, uma forma de sintetizar a avaliação das condições energéticas de um produto ou edificação. Sua adoção pode representar uma vantagem competitiva no mercado e, também, uma opção atrativa e diferenciada para novos compradores por trazer informações que contribuem para a sua tomada de decisão (TRIANA; LAMBERTS; SASSI, 2015).

Segundo Lamberts (2014), é possível listar as seguintes vantagens da etiquetagem de edificações: fornece informação ao consumidor: permite maior conhecimento sobre o produto que está adquirindo; garante a credibilidade do empreendimento, já que o selo concedido pelo INMETRO é amplamente conhecido pelos consumidores e contribui para promover a redução de consumo de energia.

No que tange ao custo extra para se construir edificações eficientes, Dalbem *et al.* (2019) realizou a adaptação da envoltória de uma habitação, por meio de simulação computacional,

com o objetivo de obter a classe A do RTQ-R e, também, adequar ao padrão Passive House. Em relação ao custo, houve incremento de 26 a 27% para o RTQ-R e de 39 e de 42%, para o padrão Passive House.

O RTQ-R determina requisitos técnicos e métodos necessários para classificação da eficiência energética de edifícios residenciais e permite a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (INMETRO, 2012). Porém, com o avanço da tecnologia e da consciência ambiental, surgiram conceitos de eficiência energética, como o aumento do número de fontes consumidoras de energia, não implicando em um maior consumo para o sistema elétrico em geral (MAHLIA; SAIDUR, 2010).

A adaptação da edificação para desempenho energético otimizado gera custos adicionais. Porém, esse investimento extra pode resultar em valorização do imóvel, além de melhores condições para os usuários do ambiente com menor consumo de energia (NEWELL; MACFARLANE; KOK, 2011).

Neste contexto, o presente estudo se propõe a estimar o custo extra para a classificação máxima da eficiência energética aplicando o método prescritivo proposto pelo RTQ-R (2012) para uma edificação multifamiliar em Belo Horizonte – MG (zoneamento bioclimático 3). Tal estudo permitirá estimar a eficiência energética de edificação representativa de uma determinada categoria do mercado imobiliário, contribuindo, portanto, para ampliar a base de dados de edificações classificadas. Além disto poderão ser apontadas estratégias para melhoria do seu potencial de consumo de energia e o seu respectivo custo, servindo como referência para a tomada de decisões para possíveis alterações e/ou melhorias na edificação em análise ou em casos similares.

## 2. Metodologia

O presente trabalho engloba a análise da eficiência energética, do sistema de aquecimento de água e do desempenho da envoltória de uma edificação residencial em Belo Horizonte – MG bem como a estimativa do custo extra para a classe A de eficiência.

Na Figura 2, pode ser observado o esquema das quatro etapas que estruturaram a metodologia desta pesquisa.

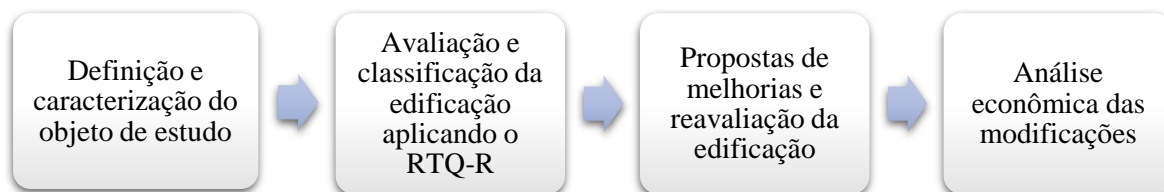


Figura 2 - Fluxograma da metodologia do estudo de caso. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

### 2.1 Definição e caracterização do objeto de estudo

Nessa etapa, apresenta-se o empreendimento em estudo. Na sequência identifica-se fatores como a localização, Zona Bioclimática e informações climáticas da região. Além disso, faz-se uma leitura dos projetos arquitetônicos para verificação da quantidade de unidades, número de pavimentos, área de cada unidade habitacional, distribuição das Unidades Habitacionais (UH's) por pavimento, características do sistema construtivo, entre outras informações relevantes.

### 2.2 Avaliação e classificação da edificação aplicando o RTQ-R

Nesta etapa avaliou-se o atendimento do requisito geral de desempenho para atingir o nível de energia com a eficiência “A” ou “B” é: “Se houver mais de uma unidade residencial

autônoma na mesma propriedade, ambas devem ter medição individual de energia elétrica e água” (INMETRO, 2012, p. 15).

O método prescritivo utiliza uma equação matemática, a qual relaciona o desempenho de sistemas de aquecimento de água, desempenho térmico da envoltória, entre outros fatores, para gerar uma pontuação total, a fim de classificar a eficiência da unidade habitacional, das áreas comuns ou da edificação como um todo (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

A partir da identificação do zoneamento da edificação, faz-se necessário avaliar limites referentes à envoltória da edificação para verificação dos pré-requisitos no RTQ-R (INMETRO, 2012).

Para a avaliação do Pré-requisito geral, faz-se necessária a verificação de dados específicos de uma determinada edificação em processo de análise. Assim, pode-se obter a classificação de cada ambiente, de cada UH e finalmente da Edificação Multifamiliar como um todo. Para a avaliação deste item, é necessário definir aspectos relevantes do projeto a ser avaliado, como a Zona Bioclimática, Transmitância e Capacidade Térmica da envoltória, aspectos referentes à Iluminação Natural, Ventilação Natural, Sistema de Aquecimento de Água e as estratégias e tecnologias passíveis de bonificação apresentadas (INMETRO, 2012a).

Por meio da distribuição dos pesos de cada coeficiente na Equação 1, obtêm-se a classificação da eficiência energética

$$PTUH = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad (1)$$

Sendo:

*PTUH*- pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma; *a*-coeficiente adotado de acordo com a região geográfica 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 (INMETRO, 2012).

Na Tabela 1, tem-se a equivalência da pontuação obtida e do nível de eficiência. A pontuação final determina a classificação da UH, de “A” a “E”, de acordo com o resultado obtido na Equação 1.

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

**Tabela 1 – Equivalência para as classificações de “A” a “E”. Fonte: RTQ-R (INMETRO, 2012).**

Para a determinação do nível de eficiência de edificações multifamiliares deve-se ponderar a pontuação total das UH’s pelas suas respectivas áreas úteis (INMETRO, 2012).

Os cálculos propostos pelo método prescritivo foram realizados com base em planilhas fornecidas pelo PBE Edifica (PBE, 2017).

A partir da identificação da Zona Bioclimática na qual a edificação se situa, passa-se para a análise das suas características projetuais. Neste contexto, foram apontados os Ambientes de Permanência Prolongada (APP) (INMETRO, 2012).

Na sequência, analisou-se os pré-requisitos da transmitância térmica, capacidade térmica, iluminação natural e ventilação natural. Assim, avaliou-se os diversos ambientes e, posteriormente, verificou-se a UH por completo, incluindo os sistemas de medição de água e energia, ventilação cruzada e natural dos banheiros.

O sistema de aquecimento de água implantado na edificação também foi verificado. Sistemas de aquecimento solar são mais bem avaliados que sistema de aquecimento elétrico, por exemplo. Com base na análise da eficiência energética desse sistema, esse quesito é avaliado para a UH.

As bonificações são pontuações extras de acordo com requisitos presentes na edificação, além das características previamente verificadas. A presença de lâmpadas que possuem Selo Procel ou quando a ventilação ocorre de forma natural são exemplos de situações que dão direito a bonificações (INMETRO, 2012).

Com a análise dos quesitos previamente calculados, foi possível alcançar a classificação do nível de eficiência energética para cada UH. Para alcançar a classificação final para toda a edificação, foi realizada a média ponderada entre a pontuação de cada UH e sua área, conforme estabelecido pelo RTQ-R (2012).

### **2.3 Propostas de melhoria**

A partir do resultado obtido, foram elaboradas duas propostas de medidas necessárias de intervenção e que seriam suficientes para o alcance da classificação nível “A” da ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica). Em ambas as propostas, se faz necessário aplicar alterações que atendessem aos pré-requisitos previamente estabelecidos. Posteriormente, foram indicadas alterações no sistema de abastecimento de água para a Proposta 1 bem como alternativas para a obtenção de bonificações referentes a Proposta 2.

### **2.4 Análise de Viabilidade Econômica**

Após a estimativa da classificação das UH e, posteriormente, do edifício multifamiliar conforme o RTQ-R (2012), foram estimados os custos decorrentes das modificações por meio da consulta a três fornecedores em de julho de 2021. A partir disso, optou-se pela seleção da opção mais econômica, desde que o produto atenda aos requisitos.

Os parâmetros para estimar o custo da etiquetagem foram extraídos do estudo de Rodrigues *et al.* (2012) para edificações comerciais. Como não foram encontradas outras referências, este foi utilizado, porém podem ocorrer divergências de valores em função da diferença das tipologias das edificações.

Ressalta-se a importância de comparar o custo das alterações com o valor global da obra. O custo total do empreendimento foi informado pelo construtor referente ao término da obra, que ocorreu em maio de 2021. O valor foi corrigido para a agosto de 2021 pelo Índice Nacional da Construção Civil (INCC).

A pesquisa de Dalbem *et al.* (2019) foi utilizada como referência para avaliar a viabilidade econômica das modificações. Com base na variação de custos de até 4%, em média, foi definido a título de referência se seria viável ou não a implantação de sistemas e medidas para promoção da eficiência energética da edificação e que geram benefícios econômicos não somente para o construtor, mas, futuramente, para o usuário também.

## **3. Resultados e discussões**

### **3.1. Definição e caracterização do objeto de estudo**

A edificação selecionada encontra-se no bairro São Lucas, Belo Horizonte - MG, na Zona Bioclimática 3, conforme estabelecido na NBR 15.220 (ABNT, 2005). O empreendimento tem finalidade exclusivamente residencial. Conforme se observa na Figura 3, o empreendimento é constituído de uma única torre, em sua maioria com 3 unidades habitacionais por andar, totalizando 11 unidades habitacionais.



Figura 3 – Projeto arquitetônico da fachada. Fonte: MBE (2019).

Os apartamentos são divididos em uma suíte, um quarto, um banheiro social, corredor de circulação, sala de estar e cozinha americana/área de serviço (Figura 4). Os apartamentos do primeiro pavimento apresentam área privativa, enquanto uma unidade do último andar possui terraço.

Todas as unidades apresentam 2,70 m de pé direito e área útil de 58,9 m<sup>2</sup> para as unidades de final 1 e 2 e de 60,51 m<sup>2</sup> para as de final 3.



Figura 4 – Planta humanizada do pavimento tipo. Fonte: BEM (2019)

### 3.2 Análise da eficiência energética

A planilha de cálculo disponibilizada pelo PBE Edifica foi empregada para a análise da eficiência energética da edificação de referência definida para este estudo de caso. Desta forma foi possível determinar a classificação de cada UH a partir das características inseridas.

As suítes das unidades orientadas para Oeste são revestidas externamente por uma cor de pintura com elevada absorvância térmica ( $\alpha = 86,4\%$ ). Com isso, os pré-requisitos da envoltória não são atendidos por essas APPs e, automaticamente, obtêm-se nível “C”. Tal pré-requisito também não foi atendido nas unidades do último pavimento, em função do tipo de fechamento

da cobertura. Em síntese, os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das paredes externas e coberturas não foram atendidos pelas unidades 101, 102, 201, 202, 301, 302, 401, 402.

Além disso, percebe-se que diversas APPs não possuem as áreas mínimas de abertura para a ventilação e/ou iluminação naturais que devem ser maiores ou iguais à 8,0 e 12,5%, respectivamente, em relação a área de piso.

O Quadro 1 indica a pontuação final e a classificação de cada UH da edificação.

	Envoltória para Verão	Envoltória para Inverno	Aquecimento de Água	Equivalente Numérico da envoltória	Envoltória se refrigerada artificialmente	Bonificações	Final	PONTUAÇÃO
101	C	B	C	C	D	0,4	B	3,73
102	C	B	C	C	D	0,4	B	3,73
103	C	B	C	C	C	0,4	B	3,73
201	C	A	C	B	D	0,4	B	3,97
202	C	B	C	C	D	0,4	B	3,80
203	C	A	C	B	C	0,4	B	3,89
301	C	A	C	B	D	0,4	B	3,97
302	C	B	C	C	D	0,4	B	3,80
303	C	A	C	B	C	0,4	B	3,89
401	D	C	C	D	D	0,52	C	3,20
402	E	C	C	D	D	0,4	C	2,79

**Quadro 1- Classificação final dos níveis de eficiência para a envoltória de cada unidade habitacional. Fonte: Elaborado pelo autor.**

Para obtenção da classificação final da edificação multifamiliar foi realizada uma média ponderada da classificação da UH em função de suas áreas úteis.

Desta forma, a edificação multifamiliar obteve 3,68 pontos, ou seja, ENCE “B” (Quadro 2).

	Pontuação (PTUH)	Área útil (m <sup>2</sup> )	ENCE	
101	3,73	58,90	<b>3,68</b>	<b>B</b>
102	3,73	58,90		
103	3,73	60,51		
201	3,97	58,90		
202	3,80	58,90		
203	3,89	60,51		
301	3,97	58,90		
302	3,80	58,90		
303	3,89	60,51		
401	3,20	58,90		
402	2,79	60,51		

**Quadro 2- Classificação final da Edificação Multifamiliar. Fonte: Elaborado pelo autor.**

Percebe-se que as unidades apresentaram classificações semelhantes (em torno de 3,7 a 3,9 pontos), com exceção das unidades do último pavimento que obtiveram valores entre 2,8 e 3,2, uma vez que a laje de concreto maciço utilizada na cobertura contribuiu para diminuir a

pontuação da sua envoltória e, conseqüentemente, impactou a sua pontuação final. Estas obtiveram classificação inferior, devido a maior exposição à radiação solar que estão sujeitas sob a sua superfície de vedação horizontal. Sendo assim, deveriam receber tratamento de cobertura adequado (aumento de resistência térmica e cor externa mais clara) como forma de melhorar a sua classificação.

As unidades 101 e 103 apresentaram o equivalente numérico da envoltória para inverno inferior às unidades também de final 1 e 3, do segundo e terceiro pavimento. Isso se explica por estar sob pilotis, assim, a ventilação neste andar em que se situa a garagem aberta, contribui para o seu resfriamento. Analisando o mesmo fator, identificou-se que o resultado para a envoltória para inverno das unidades com final 1 e 3, dos pavimentos 2 e 3, foi beneficiado, em função de aberturas para orientação Norte, já que essa orientação recebe radiação o dia todo. Como as unidades 202 e 302 não possuem aberturas para essa orientação, obtiveram nível “B”.

### 3.3 Propostas de melhoria

Primeiramente, foram necessárias adaptações que possibilitassem o atendimento aos pré-requisitos. O não atendimento a essas condições impossibilita o alcance do nível máximo de eficiência.

Considerando que as suítes orientadas no sentido Oeste não atenderam ao pré-requisito da envoltória, propõe-se a alteração da cor da pintura externa, a fim de melhorar o desempenho da envoltória. A substituição da pintura na cor cinza pela branca, na fachada frontal da edificação, possibilitaria o atendimento do pré-requisito, já que a absorvância térmica da parede externa da APP seria de 0,15.

Não haveria, portanto, alteração no preço de aquisição da tinta nesta nova cor uma vez que os valores de ambas seriam semelhantes. Desta forma não houve impacto nos custos para este quesito.

Como os pré-requisitos de Iluminação e Ventilação Natural não foram atendidos para aberturas de quartos, suítes e sala/cozinha de várias unidades, seria necessário a adaptação no tamanho das aberturas externas e, conseqüentemente, de suas esquadrias. Portanto, modificou-se as janelas dos quartos que são de correr de 2 folhas de 1,0 x 1,5 m por janelas de correr de 1,40 x 1,50 m de alumínio com 2 folhas móveis e persiana integrada. A janela da cozinha seria alterada por uma de correr de alumínio de 3 folhas de 1,2 x 3,0 m, sendo que a original apresenta as dimensões de 1,0 x 1,8 m.

Outro pré-requisito não atendido havia sido àquele relativo à envoltória das unidades habitacionais do último pavimento. Como o seu fechamento superior é feito em laje de concreto de 10 cm, sem pintura, a transmitância térmica ( $3,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e capacidade térmica ( $220 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ) foram elevadas. Neste contexto, optou-se pela utilização de uma estrutura composta por telhas metálicas térmicas (tipo sanduíche) na cor branca sob a cobertura. Tal adaptação reduziria consideravelmente o valor da absorvância da cobertura para  $\alpha = 0,25$  e da transmitância térmica para  $U=0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

Como o RTQ-R (2012) permite o emprego de várias medidas para melhoria da classificação, foram aplicadas duas opções de propostas.

A primeira promoveria intervenção no sistema de aquecimento de água. Assim, foi proposta a adaptação do sistema solar de aquecimento adicionando-se o Kit Boiler 400l Baixa Pressão (Aço 316) da Komeco e duas placas solares de 2x1 m. Assim, atende-se a demanda da fração anual mínima de 70% e obtêm-se o nível “A” para esse critério.

Assim como a opção previamente apresentada, a Proposta 2 visa atender os pré-requisitos do ambiente, porém se diferencia da anterior por não modificar o sistema de aquecimento de água e sim, os acessórios de promoção de eficiência que garantem pontuação extra em bonificações.



Neste contexto, optou-se pela instalação de restritor de vazão de 6 litros /minuto (0,04 ponto) e sistema de descarga de duplo acionamento de água nas bacias sanitárias (0,04 ponto), garantindo mais 0,08 ponto no critério ‘Uso racional de Água’. A entrega das moradias com ventiladores de teto com Selo Procel em pelo menos 2/3 (dois terços) das APPs permite receber mais 0,1 ponto de bonificação.

Ao assegurar a entrega de iluminação artificial de lâmpadas com Selo Procel, foi obtido mais 0,1 ponto de bonificação.

Por fim, foi proposto a entrega de refrigeradores nas unidades habitacionais, o que soma mais 0,1 ponto.

No Quadro 3, estão representadas as classificações finais da Edificação Multifamiliar para os dois conjuntos de modificações. Assim, ambas propostas resultaram no nível “A” de eficiência energética pelo método prescritivo do RTQ-R (2012).

PROPOSTA	ENCE	
1	4,94	A
2	4,71	A

**Quadro 3 - Classificação final para Edificação Multifamiliar de acordo com a proposta de modificação.**  
**Fonte: Elaborado pelo autor.**

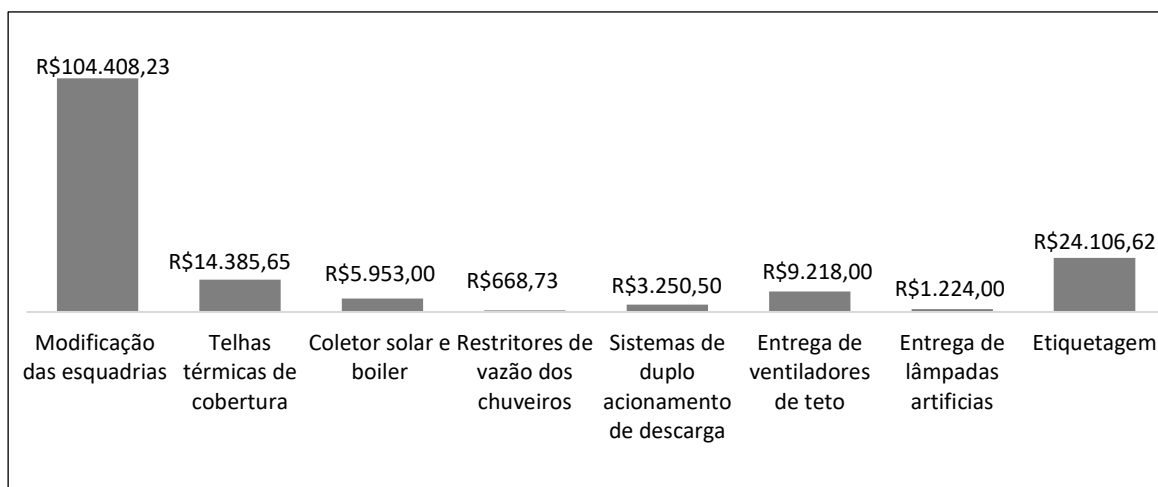
### 3.4 Análise econômica das modificações

O construtor informou o custo total do empreendimento, cujo término ocorreu em maio de 2021. O valor corrigido pelo INCC para o mês de agosto do mesmo ano resultou em um custo global de R\$ 2.650.022,19.

Além do custo adicional das alterações, deve-se considerar as despesas para realizar a etiquetagem da edificação. A definição dos custos teve como base o estudo de Rodrigues *et al.* (2012) e resultou no valor de R\$ 13.491,39. Como o estudo é relativo ao ano de 2012, o valor foi corrigido pelo INCC referente ao período. O valor atualizado para o mês de agosto de 2021 foi de R\$ 24.106,62.

Dentre as opções avaliadas, a Proposta 1 mostrou-se mais efetiva, pois foi alcançado um nível de eficiência energética maior com um menor custo. O investimento adicional representou um aumento de 4,71% do custo total. Considerando o acréscimo observado por Dalbem (2019), pode-se considerar a proposta economicamente viável por ter se mostrado próximo dos valores médios observados em seu estudo para diversos tipos de edificação.

Pelo Gráfico 1, é possível comparar as despesas para aplicação de cada alteração sugerida.



**Gráfico 1 – Custos estimados para as modificações citadas. Fonte: Elaborado pelo autor.**

#### 4. Considerações finais

As propostas de melhoria que visavam o atendimento das exigências para alcance do nível “A” aumentaram em 4,71% o custo total do empreendimento, sendo que o custo adicional por UH foi de R\$ 13.532,14. Portanto, as modificações mostraram-se economicamente viáveis.

O RTQ-R (2012) possibilita a aplicação de várias soluções para se alcançar uma melhor pontuação em cada tópico do regulamento. Assim, projetistas e construtores interessados em obter uma melhor classificação energética podem estudar várias opções ao conceber o projeto e definir a viabilidade financeira de cada uma.

A adaptação da edificação aos critérios do RTQ-R (2012) para se obter um nível superior de desempenho energético gera custos adicionais. Porém, esse investimento adicional pode ser interessante para o construtor, já que pode resultar em valorização do imóvel. A procura dos consumidores por produtos e bens mais eficientes energeticamente pode ser um fator determinante para atrair clientes mais exigentes. Além disso, a economia no consumo de energia pode beneficiar financeiramente os usuários das unidades residenciais.

Conclui-se a importância do RTQ-R (2012) para elevar a qualidade e eficiência das edificações. Portanto, a disseminação da sua aplicação seria fundamental por meio de incentivos fiscais aos construtores e campanhas de divulgação do programa.

#### Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, Maria Teresa Gomes; SANTOS, White José; FERREIRA, Isabel Christina de Almeida. Concreto ecológico. Principia, Juiz de Fora, v. 16, p. 27-35, jan./dez. 2012.

MBE - MARCELO BARROS ENGENHARIA. Projetos arquitetônicos da edificação. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: acervo da empresa. Acesso em: 15 mai. 2021.

CALDEIRA, Norma do Nascimento Batista. A concepção arquitetônica para a eficiência energética de edificações – o caso da etiquetagem no Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Ciências em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

COELHO, S. T; SANCHEZ-PEREIRA, Alessandro; TUDESCHINI, Luís Gustavo; GOLDEMBERG, José. The energy transition history of fuelwood replacement for liquefied petroleum gas in Brazilian households from 1920 to 2016. Energy Policy n. 123, pp. 41-52, 2018.

DALBEM, Renata; CUNHA, Eduardo Grala da; VICENTE, Romeu; FIGUEIREDO, Antonio; OLIVEIRA, Rui; SILVA, Antonio César Silveira Baptista da. Optimisation of a social housing for south of Brazil: From basic performance standard to passive house concept. Energy 167, 2019, p. 1278-1296.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço energético nacional 2020: ano base 2019. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 27 mar. 2021. INMETRO. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001788.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.

INMETRO. Manual para Aplicação do RTQ-R. 1. ed. Florianópolis: INMETRO, 2012a. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_de\\_aplica%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_%20RTQ-R-v01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplica%C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf). Acesso em: 17 fev. 2021.

INMETRO. O programa brasileiro de etiquetagem. Florianópolis: INMETRO, 2021. Disponível em: [https://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](https://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php). Acesso em: 13 fev. 2021.

LAMBERTS, Roberto. Manual para o entendimento da etiquetagem de edificações pelo gestor público. São Carlos: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3e – UFSC, 2014. Disponível em [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_Gestor\\_Publico\\_20140613\\_1.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Gestor_Publico_20140613_1.pdf). Acesso em: 17 mar. 2021.

MAHLIA, T.M.I; SAIDUR, R. A review on test procedure, energy efficiency standards and energy labels for room air conditioners and refrigerator–freezers, Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 14, Issue 7, 2010, páginas 1888-1900.

NEWELL, Graeme; MACFARLANE, John; KOK, Nils. Building better returns: a study of the financial performance of green office buildings in Australia. Research by the University of Western Sydney and the University of Maastricht Neetherlands in conjunction with Jones Lang LaSalle and CBRE. Sydney: Australian Property Institute / Property Funds Association, 2011.

NOGUEIRA, Fábio; NASCIMENTO, Fernanda; BATISTA, Juliana; OLIVEIRA, Poliana; ALMEIDA, Reberth. Análise da envoltória pelo método prescritivo do RTQ-R: Etiquetagem

de residência unifamiliar em Maceió-AL. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, Juiz de Fora. Anais ... Porto Alegre: ANTAC, 2012.

PBE - PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. Planilha de cálculo do desempenho da UH. Rio de Janeiro: PBE Edifica, 2017. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em 28 abr. 2021.

PBE EDIFICA. Sobre o PBE Edifica. 2020. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 05 mar. 2021.

PÉREZ-LOMBARD, Luis; ORTIZ, José; GONZÁLEZ, Rocío; MAESTRE, Ismael. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, v. 41, mar. 2009.

PRESTES, J. A. Programa brasileiro de etiquetagem de edificações – PBE Edifica. Fórum Eficiência Energética em Edificações. São Paulo: Blucher, 2015.

RODRIGUES, C; DIAS, A; OLIVEIRA, P; HASBOUN, V; MARTINS, M; PACHECO, G; CARMO, F; PEDRINI, A. 12. Aplicação da Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética de Edifícios RTQ-C. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12 - Juiz de Fora. Anais ... Porto Alegre: ANTAC, 2012.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterization of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. *Energy Policy*, v. 87, n. December 2014, p. 524–541, 2015. Disponível em: Acesso em: 18 mar. 2021.