SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

APLICAÇÃO DO ANEXO 75 (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA) BASEADA NA REALIDADE BRASILEIRA[1]

OLIVEIRA FILHO, Braz Borges de (1); JESUS, Luciana Aparecida Netto de (2); CANDEIA, Natalia Padovani (3)

(1) Universidade Federal do Espírito Santo, braz-borges@outlook.com

(2) Universidade Federal do Espírito Santo, luciana.njesus@gmail.com

(3) Universidade Federal do Espírito Santo, natalia.candeia@edu.ufes.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a aplicação de medidas de eficiência energética e uso de energia renovável em edifícios de habitações de interesse social (HIS) construídos no município de Serra-ES, utilizando a metodologia do projeto do Anexo 75 da Agência Internacional de Energia (IEA-EBC). Os resultados mostraram que, entre os cenários analisados, aquele com melhor custo-benefício reduziu o consumo de energia primária e as emissões anuais de CO2 em 91%, em relação ao caso de referência sem melhoria da eficiência. No entanto, apesar da redução dos custos com energia, o custo global foi apenas 1,37% menor do que o estimado para o caso de referência, pois os componentes escolhidos para a renovação não contribuíram significativamente para a redução do consumo de energia primária, obtido principalmente por meio da geração de energia. Entretanto, no que tange ao conforto térmico, observa-se um aumento significativo na qualidade de vida dos moradores das HIS analisadas. Esse estudo pode contribuir para a adoção de políticas públicas que incentivem a reforma de edifícios antigos com base em critérios de eficiência energética.

Palavras-chave: *Anexo 75. IEA-EBC. Simulação energética. Eficiência energética.*

ABSTRACT

This study applies the methodology of Annex 75 project of the International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Program to analyze the application of energy efficiency measures and renewable energy in social housing buildings constructed in Serra-ES. The results showed that the optimal renovation package reduced energy consumption and carbon emissions by 91% compared to an anyway renovation. However, the estimated global cost was only 1.37% lower than the global cost for the anyway renovation due to the choice of components that did not contribute significantly to the reduction of primary energy consumption, obtained mainly through energy generation. However, with regard to thermal comfort, there was a significant increase in the quality of life of residents of the social housing

---

[1] OLIVEIRA FILHO, Braz Borges de; JESUS, Luciana Aparecida Netto de; CANDEIA, Natalia Padovani. Aplicação do Anexo 75 (Agência Internacional de Energia) baseada na realidade brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 1-10. DOI https: //doi.org./10.46421/sbqp.v3i.4627

analyzed. These findings can aid policymakers in adopting public policies that incentivize the renovation of old buildings based on energy efficiency criteria.

***Keywords**: Annex 75. IEA-EBC. Energetic simulation. Energy efficiency.*

1 INTRODUÇÃO

As edificações residenciais, comerciais e públicas correspondem a 48,4% do consumo mundial de energia elétrica de 2018 (IEA, 2020), o que corresponde a uma porcentagem significativa. Visando reduzir essa parcela de participação e a redução do consumo energético das edificações, atualmente busca-se a construção de novos edifícios com consumo energético quase nulo (*net zero energy buildings*). As regulamentações implementadas pelos governos de diversos países também têm contribuído para a construção mais direcionada à eficiência energética, por meio da seleção de materiais e sistemas que geram menor consumo.

Nesse contexto, uma dificuldade no âmbito das edificações é a grande quantidade de edifícios já existentes que não possuem desempenho energético satisfatório e, por isso, precisam sofrer intervenções para alcançar níveis menores de consumo. Entretanto, realizar essas intervenções pode requerer um investimento inicial elevado, e, assim, as modificações em edifícios existentes se tornam pouco atrativas para o proprietário. Porém, diante dos benefícios que são somados à redução de consumo, tais como a melhoria do conforto e a redução de gastos com energia elétrica, é possível superar a barreira econômica por meio da otimização do custo das reformas com medidas de redução de consumo energético e uso de energia renovável.

O projeto "*Cost-effective Building Renovation at District Level Combining Energy Efficiency & Renewables*", que compõe o anexo 75 do programa *Energy in Buildings and Communities* (IEA-EBC) da *International Energy Agency*, tem por objetivo estudar as estratégias de renovação energética em nível distrital[2] com alto custo-benefício para redução das emissões de gases de efeito estufa e do uso de energia das edificações, combinando medidas de eficiência energética e uso de fontes de energia renovável (IEA EBC, 2022).

No contexto do IEA-EBC, uma intervenção que visa melhorar o desempenho energético de uma edificação, mantendo-se os padrões de conforto térmico para os usuários, é denominada "renovação energética". Para esta renovação pode-se realizar intervenções tanto nos elementos da envoltória do edifício, quanto nos sistemas técnicos de ventilação, condicionamento de ar e aquecimento de água (ALMEIDA; FERREIRA; RODRIGUES, 2017). Para análise de custo-benefício no investimento de medidas de eficiência energética, a metodologia do anexo 75 avalia medidas adotadas a nível de edifício e a nível distrital. O motivo para a abordagem distrital é poder analisar o custo-benefício de tecnologias que podem ser rentáveis se implementadas em várias edificações, apesar de não o serem a nível individual (BARBOSA; ALMEIDA, 2020).

Assim, neste trabalho foi avaliado o custo-benefício da adoção de medidas de eficiência energética e energia renovável em edifícios para pessoas de baixa renda do município de Serra-ES, localizado na Região Metropolitana da Grande Vitória. Para isso, foi utilizada a metodologia proposta no Anexo 75 do projeto da Agência Internacional de Energia, comparando o custo da intervenção (com e sem melhoria

[2] De acordo com o Anexo 75, um distrito corresponde a um grupo de edificações que possuem relação entre si (proximidade e aspectos técnicos), não necessariamente sendo uma unidade administrativa.

do desempenho energético) de um conjunto habitacional.

2 METODOLOGIA

Para a análise de renovação energética adotou-se a metodologia a seguir.

2.1 Revisão Bibliográfica

A etapa de revisão bibliográfica compreendeu o estudo das regulamentações de avaliação de eficiência energética, com ênfase no estudo das publicações a respeito do projeto do anexo 75 do programa IEA-EBC, em especial o artigo de Terés-Zubiaga et al. (2020), que descreve a metodologia do projeto. Para informações complementares, foram revisadas também publicações a respeito do projeto do anexo 56 do IEA-EBC, que compartilha fundamentos com o projeto do anexo 75.

2.2 Levantamento de dados do estudo de caso escolhido

O estudo de caso escolhido para aplicação da metodologia compreende o agrupamento de edifícios multifamiliares do bairro André Carloni, localizado no município da Serra-ES. A escolha desses edifícios deve-se ao fato de terem sido concebidos como conjunto habitacional de interesse social, em 1983, pela Companhia Habitacional do Espírito Santo (COHAB-ES), e não garantirem conforto térmico aos moradores.

Nesta etapa da metodologia, foram levantados os dados climáticos do local, as disposições construtivas gerais dos edifícios e os parâmetros térmicos e energéticos dos componentes das edificações que compõem o distrito. Os dados climáticos para caracterização do clima do local foram coletados da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As disposições construtivas do distrito, por sua vez, foram obtidas por meio dos projetos arquitetônicos e de implantação dos edifícios. Por fim, os parâmetros térmicos e energéticos dos componentes da envoltória que possuem influência direta no desempenho energético do edifício foram obtidos conforme a norma NBR 15.575-1 (ABNT, 2021). Além desses dados, nesta etapa também foram coletadas as características e parâmetros de desempenho/eficiência dos sistemas de aquecimento/refrigeração do ambiente interno e aquecimento doméstico de água das edificações do distrito.

2.3 Análise dos cenários de renovação energética

Para aplicação do procedimento de avaliação do Anexo 75, é preciso ser feita a avaliação de um caso de referência, no qual são previstas intervenções que visam restaurar apenas a funcionalidade e aparência do edifício (ALMEIDA; FERREIRA; RODRIGUES, 2017). Para avaliar as relações de custo-benefício das renovações energéticas, compara-se a renovação de referência com a renovação energética. O procedimento de avaliação é feito considerando diferentes cenários de renovação, formados pela combinação de pacotes de medidas para o envelope e para os sistemas da edificação (TERÉS-ZUBIAGA et al., 2020). Para análise dos cenários, foram preconizados pacotes de tecnologias previamente estudadas no projeto do Anexo 75, em especial aquelas disponíveis no mercado brasileiro.

Para a avaliação das alternativas de renovação energética do distrito escolhido, foram definidos pacotes de reforma para melhoria da envoltória dos edifícios e pacotes de soluções de sistema de fornecimento de energia. Os pacotes definidos

para análise dos cenários de renovação da envoltória estão dispostos no Quadro 1.

Quadro 1 – Pacotes definidos para a renovação da envoltória

	Fachadas	**Cobertura**	**Aberturas**
P1	Sistema de Isolamento Térmico Externo (ETICS) em EPS, com esp. = 25 mm	Telhas termoacústicas com núcleo em poliuretano, com esp. = 30 mm	Janelas de alumínio e vidro duplo
P2	Sistema de Isolamento Térmico Externo (ETICS) em EPS, com esp. = 25 mm	Telhas termoacústicas com núcleo em EPS, com esp. = 30 mm	Janelas de alumínio e vidro duplo com película *low-e*

Fonte: Adaptado de Terés-Zubiaga et al. (2020).

Os pacotes definidos para análise dos cenários de renovação dos sistemas estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 – Pacotes de soluções definidas para o sistema de fornecimento de energia

	Sistema de fornecimento de energia	**Aquecimento / Refrigeração**	**Fonte de energia renovável**
S1	Sistema comum descentralizado	Sistema de refrigeração/ aquecimento por aparelho *split inverter*, em cada unidade	-
S2	Sistema centralizado com VRF	Sistema de refrigeração/ aquecimento do tipo VRF (fluxo de refrigerante variável)	-
S3	Sistema centralizado com VRF e uso de painel fotovoltaico		Painel fotovoltaico

Fonte: Adaptado de Terés-Zubiaga et al. (2020).

Para mensuração do custo-benefício das renovações avaliadas na metodologia do projeto do anexo 75 são utilizados indicadores-chave de desempenho ou KPIs (*key performance indicators*). A análise prevê o uso de três KPIs principais, anualizados e relativos à área total construída do distrito: o consumo de energia primária (CEP), medido em quilowatt-hora (kWh/m^2.ano); as emissões de gases do efeito estufa, quantificado em carbono equivalente (CO_2 eq/m^2.ano); e o custo total anualizado ($/m^2.ano) (TERÉS-ZUBIAGA et al., 2020). As etapas da análise do custo-benefício dos cenários de renovação, bem como do caso de referência estão listadas a seguir.

2.3.1 Cálculo da carga térmica do distrito

Para o cálculo da carga térmica de aquecimento e refrigeração, foi utilizado o *software* de simulações dinâmicas EnergyPlus® (versão 9.4), que possibilita a entrada de parâmetros do clima e da envoltória para determinação do consumo de energia da edificação. Os edifícios foram agrupados de acordo com sua orientação espacial e dimensões, e para cada grupo de edifícios, foi simulado um representante separadamente. Na modelagem 3D dos edifícios, realizada através do *software* Sketchup® (versão 2020) e o plug-in Euclid® (versão 0.9.4.3), foi considerada em cada arquivo de simulação apenas a geometria do próprio edifício simulado, isto é, neste trabalho não foi considerada a influência do sombreamento de edifícios vizinhos no desempenho energético. A modelagem da ocupação e das cargas internas foi feita com base nos padrões estabelecidos na norma NBR 15.575-1 (ABNT, 2021). Para o

cálculo da carga de aquecimento e refrigeração, foi considerado um sistema de carga ideal (*ideal loads*), que opera sem perdas de energia, conforme recomendações da NBR 15.575-1 (ABNT, 2021). Para a determinação da carga térmica nas diferentes configurações de edifícios, foram realizadas simulações individuais de cada uma delas. A carga térmica total do distrito foi resultante da soma dos resultados obtidos nas simulações individuais.

2.3.2 Cálculo do consumo de energia primária e das emissões de carbono

Para o cálculo do consumo de energia para refrigeração e aquecimento, foram considerados os parâmetros de eficiência de cada um dos sistemas, como o coeficiente de desempenho (COP). O número de habitantes estimado foi obtido considerando-se 2 habitantes por quarto por apartamento. Com base nessa quantidade de pessoas, foi obtido o volume diário de consumo de água quente para todo o distrito, bem como o consumo estimado de energia pelos equipamentos. Para determinação do consumo de energia primária e das emissões de carbono, foram utilizados fatores de conversão nacionais médios, fornecidos pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3E. A metodologia de cálculo do consumo de energia primária e das emissões de carbono é a mesma utilizada pela Instrução Normativa Inmetro (INI-R) para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. A energia gerada por fontes locais de energia renovável foi calculada em função das especificações dos painéis fotovoltaicos e do número de horas de sol pleno (HSP) médio da região da Grande Vitória. Para o cálculo da emissão de dióxido de carbono, em função do consumo de energia elétrica, foi utilizado o fator de 0,09 tCO_2/MWh (KAMIMURA et al., 2020).

2.3.3 Cálculo dos custos globais para renovação

Para avaliação do custo-benefício dos cenários de renovação, foi utilizado como parâmetro um custo global para renovação, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Custos considerados na composição do custo global para renovação

Custos	**Definição**
Custo de investimento inicial	Custos dos serviços necessários para a execução da renovação, obtidos por meio de composições de preços unitários
Custo com substituições e manutenção	Custos com as substituições dos aparelhos ao fim da vida útil ou manutenções ao longo do período de análise, para os sistemas de condicionamento de ar
Custo de energia no período de análise	Custo dado pela tarifa praticada pela empresa de distribuição de energia no distrito, incluindo os impostos, considerando evolução no valor estimada com base no histórico dos anos entre 2010 e 2019, fornecido pelo Instituto Acende Brasil (2020).

Fonte: Os Autores.

Para determinação do custo global, foi considerado o período de 30 anos como o tempo de vida útil restante para as edificações no momento da renovação, conforme indicado na metodologia do projeto do Anexo 75. Para a avaliação dos custos ao longo do ciclo de vida da edificação, foi utilizado o método do valor presente líquido (VPL), considerando a aplicação de taxas de desconto de 6% em custos futuros para determinação do valor equivalente a esses custos no presente.

2.4 Definição do cenário com melhor custo-benefício

Segundo a metodologia do anexo 75, é esperado que, até certo ponto e com as escolhas certas de medidas de renovação, seja possível realizar intervenções com redução de consumo de energia e de emissões ao mesmo tempo que se reduzem os custos globais com a renovação. Tal ponto é considerado como solução ideal de renovação e, a partir desse ponto, reduções mais expressivas de consumo e emissões requerem modificações com custos mais elevados, que resultam em renovações de menor custo-benefício (ALMEIDA; FERREIRA; RODRIGUES, 2017). Assim, o melhor custo-benefício foi definido pelo cenário de renovação que apresentou o menor custo global dentre os cenários com maior redução do consumo de energia primária.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso no bairro André Carloni, localizado no município da Serra-ES, compreende um distrito formado por 47 edifícios multifamiliares de 4 pavimentos, cada edifício com 32 apartamentos, totalizando 1.504 unidades habitacionais. A área total construída do distrito é de 72.249 m², dos quais 44.896 m² são referentes a ambientes de permanência prolongada (APP). A Figura 1 mostra a relação entre os edifícios.

Figura 1 – Perímetro do bairro André Carloni (contínuo) e do distrito selecionado (tracejado)



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

Os materiais da envoltória dos edifícios foram determinados segundo os padrões da Caixa Econômica Federal para edificações multifamiliares de padrão baixo: paredes externas de bloco de concreto com reboco, lajes maciças de concreto, esquadrias de alumínio e vidro simples, e cobertura em telhas de fibrocimento.

Na análise dos cenários, o sistema de isolamento externo (ETICS) foi considerado apenas nas paredes das fachadas dos edifícios. Além disso, foi considerada a substituição da cobertura em toda a área coberta de todos os edifícios e a troca das esquadrias apenas nas janelas dos APPs. Para o sistema descentralizado *split* foi considerada a instalação de um conjunto de evaporadora e condensadora para cada APP. Para o sistema centralizado VRF, por sua vez, foi considerada a instalação de uma evaporadora em cada APP, com 4 condensadoras que atendem todos os apartamentos do edifício. Para a análise da geração de energia por meio de painéis

fotovoltaicos, foi considerado o aproveitamento máximo da área da cobertura dos edifícios. Os parâmetros térmicos e energéticos dos componentes construtivos da envoltória, de acordo com a norma ABNT NBR 15.575-1 (2021), estão dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros dos componentes da envoltória dos edifícios do distrito

Comp. constr.	Cenário	Absort. solar	Cap. térmica (kJ/m²K)	Transm. Térmica (W/m²K)	Fator solar
Paredes externas	Referência	0,400	183	2,790	-
	P1 / P2	0,200	148	1,020	-
Cobertura	Referência	0,725	233	2,060	-
	P1 / P2	0,250 / 0,250	230 / 229	0,552 / 0,667	
Esquadrias	Referência	-	-	5,700	0,870
	P1 / P2	-	-	2,804 / 2,804	0,718 / 0,478

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15.220-1 (2005), Weber (2018) e ProjetEEE (2022).

4 RESULTADOS

Os resultados de carga térmica do distrito obtidos na simulação estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Carga térmica para refrigeração e aquecimento do distrito

Cenário	Carga térmica de aquecimento (kWh/ano)	Carga térmica de refrigeração (kWh/ano)	Variação da carga de refrigeração (%)
Referência	5.489,94	10.649.986,15	-
P1	88,31	9.912.332,73	-7%
P2	383,56	9.003.593,80	-15%

Fonte: Os Autores.

Em todos os cenários, os consumos com água quente e equipamentos obtidos foram, respectivamente, 1.558.890,67 kWh/ano e 1.431.086,40 kWh/ano. Os valores obtidos para o consumo de energia elétrica do distrito estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de energia elétrica do distrito

Cenário	Refrigeração (kWh/ano)	Aquecimento (kWh/ano)	Total (kWh/ano)	Variação do consumo total (%)
Referência	3.095.134,43	1.829,98	6.086.941,47	-
P1 + S1	1.652.055,50	14,72	4.642.047,29	-24%
P1 + S2	1.237.494,72	18,59	4.227.490,38	-31%
P1 + S3	1.237.494,72	18,59	4.227.490,38	-31%
P2 + S1	1.500.599,01	63,93	4.490.640,01	-26%
P2 + S2	1.124.044,17	80,75	4.114.101,99	-32%
P2 + S3	1.124.044,17	80,75	4.114.101,99	-32%

Fonte: Os Autores.

O valor obtido de geração de energia pelos painéis fotovoltaicos foi de

3.580,26 MWh/ano. Considerando esse valor, os indicadores-chave de consumo e emissões de carbono obtidos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo de energia primária e emissão total de CO2

Indicador	Ref.	P1+S1	P1+S2	P1+S3	P2+S1	P2+S2	P2+S3
CEP (kWh/m².ano)	216,92	165,43	150,66	23,07	160,03	146,61	19,02
CO_2 (tCO_2/ano)	547,82	417,78	380,47	58,25	404,16	370,27	48,05
Variação (%)	-	-24%	-31%	-89%	-26%	-32%	-91%

Fonte: Os Autores.

O valor presente líquido (VPL) obtido para os custos globais de renovação de cada cenário, considerando período de análise de 30 anos e taxa de desconto de 6%, estão listados na Tabela 4.

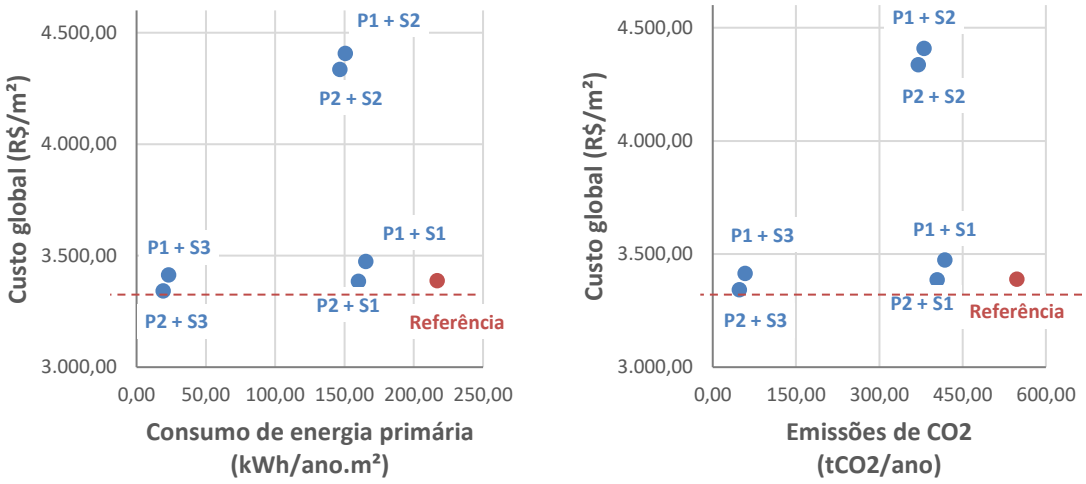
Tabela 4 – Custo global de renovação, por m² de área condicionada do distrito

Custo	Valor presente líquido – VPL (R$/m²)						
	Ref.	P1+S1	P1+S2	P1+S3	P2+S1	P2+S2	P2+S3
Investimento	797,61	1.459,83	2.318,69	2.754,05	1.432,45	2.291,31	2.726,67
Manutenção	161,39	161,39	402,10	402,10	161,39	402,10	402,10
Energia	2.429,22	1.852,58	1.687,14	258,30	1.792,16	1.641,89	213,05
Custo Global	**3.388,22**	**3.473,80**	**4.407,92**	**3.414,44**	**3.386,00**	**4.335,29**	**3.341,81**
Variação do custo global (%)	-	2,53%	30,10%	0,77%	-0,07%	27,95%	-1,37%

Fonte: Os Autores.

Para uma visualização comparativa dos resultados, estes foram plotados em dois gráficos de consumo de energia primária e emissões de CO_2 em função do custo do respectivo cenário. Os gráficos obtidos são mostrados na Figura 2.

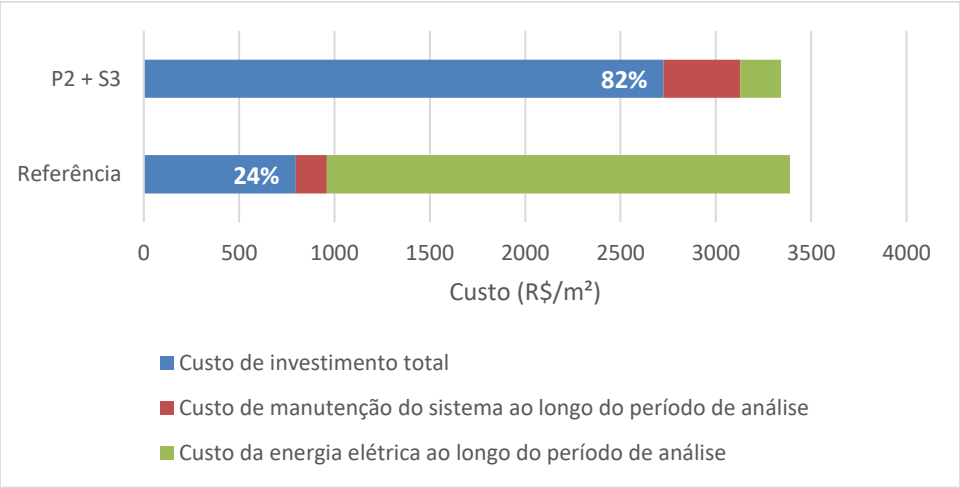
Figura 2 – Consumo de energia primária, emissões anuais e custos para cada cenário



Fonte: Adaptado de Terés-Zubiaga et al. (2020)

De maneira geral, o melhor custo-benefício para a renovação do distrito, dentre os cenários propostos, foi obtido com a escolha do pacote P2 para a envoltória com uso do sistema VRF para condicionamento do ar e painéis fotovoltaicos para geração de energia renovável (pacote S3). Para essa combinação de renovação, o consumo de energia primária e as emissões de carbono tiveram uma redução próxima de 91%. Porém, o custo global estimado teve uma redução de apenas 1,37% no custo global da renovação do distrito. Esse resultado se deve ao fato de que as intervenções iniciais na envoltória e nos sistemas, que correspondem a 82% dos custos de renovação (ver Figura 3), tiveram resultados insuficientes no que se refere ao consumo de energia elétrica, com redução de apenas 32% do consumo em relação ao caso de referência.

Figura 3 – Comparação dos custos para o cenário P2+S3 e o caso de referência



Fonte: Os Autores.

A redução de consumo de energia percebida deve-se, assim, principalmente, pela geração de energia por meio dos painéis fotovoltaicos, o que resultou na redução dos custos de energia após a renovação. Porém, a redução dos custos de energia não foi capaz de compensar o aumento do custo com investimento em relação ao caso de referência.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para os indicadores de consumo de energia primária, emissões de CO2 e custo global evidenciaram que certas opções construtivas, em especial aqueles referentes aos sistemas de ar-condicionado de alta eficiência, resultam em edifícios mais eficientes e de menor impacto ambiental.

Com a adaptação da metodologia no presente trabalho, foi verificado que um possível cenário de renovação, em que se utiliza para a envoltória o sistema de isolamento externo em EPS, com cobertura em telhas termoacústicas de núcleo em EPS e com janelas de vidro duplo baixo emissivo, para os sistemas de refrigeração e aquecimento o sistema VRF, e para a geração de energia renovável os painéis fotovoltaicos, possui o melhor custo-benefício dentro dos cenários avaliados, quando todas essas medidas são aplicadas em conjunto.

Ressalta-se que os resultados de custos obtidos neste trabalho sugerem que intervenções como as apresentadas possuem valores de investimento inicial superiores aos de reformas comuns e, além disso, a redução de custo global obtida

é relativamente pequena (1,37%). Todavia, deve ser evidenciado que, com o estudo, provou-se possível melhorar o conforto térmico em habitações de interesse social sem que haja muita variação no custo global de renovação. Desse modo, a participação do Estado é fundamental para que sejam realizadas as renovações energéticas na região escolhida como estudo de caso. Para isso, é necessário que se trabalhe com programas de incentivo à adoção de medidas de eficiência energética e uso de energia renovável, com disponibilização de linhas de crédito ou financiamentos acessíveis à faixa de renda da população.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se uma avaliação mais precisa das emissões de carbono ao longo do ciclo de vida das tecnologias adotadas nos pacotes de renovação, que também podem influenciar na escolha do cenário de renovação, considerando seu impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220** - Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

_____. **NBR 15.575** - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: [s.n.], 2021.

ALMEIDA, M. D.; FERREIRA, M.; RODRIGUES, A. **Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56) - Guidebook for Professional Home Owners.** Braga (PT): Universidade do Minho, 2017. Disponivel em: <http://www.iea-annex56.org/index.aspx?MenuID=4&SubMenuID=33>. Acesso em: 27 jan. 2022.

BARBOSA, R. M. M.; ALMEIDA, M. G. D. Eficiência energética e rentabilidade nas intervenções de reabilitação nZEB à escala do bairro. **Revista Materiais de Construção**, Porto (PT), n. 193, p. 60-64, Setembro 2020. Disponivel em: <http://hdl.handle.net/1822/71959>. Acesso em: 28 nov. 2021.

GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**, 2022. Disponivel em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 07 mai. 2022.

IEA. Key World Energy Statistics 2020, Paris (FR), 2020. Disponivel em: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>. Acesso em: 23 jan. 2022.

IEA EBC. About Annex 75, 2022. Disponivel em: <https://annex75.iea-ebc.org/about>. Acesso em: 16 jan. 2022.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas. **White Paper 22**, São Paulo, 2020. 28 p. Disponivel em: <https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/04/WP22_WEB.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2022.

KAMIMURA, A. M. et al. CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. **Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações**, Florianópolis, p. 30, 2020. Disponivel em: <https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/Relatorio-atualizado-fatores_energia-primaria_CO2_28_11_2020%20(1).pdf>. Acesso em: 07 mai. 2022.

PROJETEEE. Componentes Construtivos, 2022. Disponivel em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/>. Acesso em: 01 ago. 2022.

TERÉS-ZUBIAGA, J. et al. Cost-effective building renovation at district level combining energy efficiency & renewables – Methodology assessment proposed in IEA EBC Annex 75 and a demonstration case study. **Energy and Buildings**, v. 224, p. 110280, out. 2020. Disponivel em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778820310562>. Acesso em: 13 fev 2022.

WEBER, F. D. S. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa Energyplus**. Florianópolis: [s.n.], 2018.