

ANÁLISE DA REDUÇÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO EM EDIFICAÇÕES ATRAVÉS DE *RETROFIT*¹

CONCEIÇÃO, Gabriel Pereira da (1); GAMA, João Luiz Calmon Nogueira da (2); COSTA, Dayana Bastos (3)

(1) Universidade Federal da Bahia, gabrielpereira.gpc@gmail.com (2) Universidade Federal do Espírito Santo, calmonbarcelona@gmail.com, (3) Universidade Federal da Bahia, dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

Retrofit é a valorização de edifícios com o intuito de aumentar sua vida útil, respeitando o entorno e preservando o patrimônio histórico e arquitetônico. Há uma variedade de intervenções possíveis e incertezas sobre os benefícios econômicos e ambientais esperados na realização de um retrofit. Este trabalho se justifica pela necessidade de conhecimento da viabilidade econômica de retrofit focando não apenas nos custos de adoção, mas nos custos de toda vida útil do empreendimento. O objetivo desta pesquisa é analisar a redução de custos operacionais em edificações através de retrofits, comparando-se os Custos de Ciclo de Vida (CCV) dessas edificações nas condições existentes e com a adoção de retrofits. A análise de CCV foi desenvolvida pelo método do valor presente. Diante dos resultados, nota-se que quanto mais cedo acontecer o retrofit, maior é a redução de custos. Para o Edifício A, que já ultrapassou metade da vida útil estimada para o estudo, nenhuma das propostas resultaria em um CCV inferior ao do edifício nas condições existentes. Para o Edifício B algumas propostas mostraram-se favoráveis economicamente, como este edifício é mais novo, a adoção das medidas permitirá o uso da edificação com a redução de consumo de energia operacional por maior tempo.

Palavras-chave: Custos do ciclo de vida, Edificações habitacionais, Manutenção, Retrofit sustentável, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Retrofit is the enhancement of buildings in order to increase their useful life, respecting the surroundings and preserving the historical and architectural heritage. There are a variety of possible interventions and uncertainties about the expected economic and environmental benefits of conducting a retrofit. This work is justified by the need to know the economic feasibility of retrofitting, focusing not only on the costs of adoption, but on the costs of the entire useful life of the enterprise. The main objective of this research is to identify which conditions would make retrofit proposals feasible for implementation in the current scenario of buildings when comparing the Life Cycle Costs (LCC) of these buildings under existing conditions. The LCC analysis was developed using the present value method. In view of the results, it is noted that the sooner the retrofit takes place, the greater the cost reduction obtained. For Building A, which has already exceeded half of the estimated useful life for the study, the cost of adopting the proposals was higher than the savings they could generate. For Building B, some proposals were shown to be economically favorable, as this building is newer, the adoption of measures will allow the use of the building with the reduction of operational energy consumption for a longer time.

Keywords: Life cycle costs, Buildings, Maintenance, Sustainable Retrofit, Sustainability.

¹ CONCEIÇÃO, G. P. da; GAMA, J. L. C. N. da; COSTA, D. B. Análise da redução de custos operacionais e de manutenção em edificações através de retrofits. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais**[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/651>. Acesso em: 2 out. 2021.

1 INTRODUÇÃO

O produto da indústria da construção civil é um investimento de alto valor e com vida útil longa. Seus custos vão além dos custos de projeto e construção, em sua maioria, os custos da fase de exploração são maiores que esses custos iniciais (HERALOVA, 2018). Entende-se como custos da fase de exploração de um imóvel os de manutenção, de reformas, reparos e os operacionais, tais como, energia elétrica, água e esgoto (TESHNIZIA *et al.*, 2018).

De acordo com Khasreen *et al.* (2009) a fase operacional dos edifícios convencionais representa aproximadamente 80 a 90% do consumo de energia em todo seu ciclo de vida. Por essa razão, o estudo da construção sustentável vem atraindo cada vez mais atenção em todo o mundo (ZHANG *et al.*, 2006).

De acordo com Kats (2003), construções sustentáveis são modelos de eficiência em energia, água e materiais; ao mesmo tempo em que fornece ambientes internos saudáveis, produtivos e confortáveis e benefícios de longo prazo para os usuários. A abordagem de soluções visando à redução de energia não é o único parâmetro que deve ser considerado ao se pensar em um projeto com medidas sustentáveis (SCHIAVONI *et al.*, 2016). Como o conceito de sustentabilidade abrange mais do que questões ambientais, consequências financeiras das decisões de projeto, além do investimento inicial também devem ser levadas em consideração (BUYLE, 2015).

Diante disso, verifica-se a necessidade de ser dada uma atenção aos aspectos econômicos da adoção de medidas de *retrofit*. Este trabalho se justifica pela necessidade de conhecimento da viabilidade econômica de projetos focando não apenas nos custos iniciais, mas nos custos de toda a vida útil do empreendimento.

O objetivo principal desta pesquisa é analisar a redução de custos operacionais em edificações através da realização de *retrofits* sustentáveis por meio da metodologia de análise de Custos de Ciclo de Vida para edificações habitacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A norma brasileira define *retrofit* como uma remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, por meio da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Bu *et al.* (2015) destacam que a decisão para realização de um projeto de *retrofit* é fundamentada em três etapas: (1) análise sobre a decisão entre demolir ou realizar o *retrofit*; (2) análise da urgência, possibilidades e técnicas na decisão de fazer o *retrofit* e (3) investigação das atividades de *retrofit* com base no conhecimento, possibilidade de estudo e seriedade da avaliação para verificar disponibilidade de fornecedores e aprovações pela equipe de gerenciamento.

Segundo Woo e Menassa (2014), ao se pensar na realização de um *retrofit*, há uma variedade de intervenções possíveis e incertezas sobre os benefícios econômicos e ambientais esperados por estas medidas. Neste sentido, a análise de Custo de Ciclo de Vida (CCV) é uma importante ferramenta de avaliação, pois evidencia, considerando toda a vida útil da construção, qual a opção mais viável a ser adotada (HERALOVA, 2017).

Por definição, Custo do Ciclo de Vida refere-se a uma técnica de análise que abrange todos os custos associados a um produto desde seu início à sua disposição, visando minimizar o custo de obter certo nível de produção. O principal incentivo para a aplicação de uma análise CCV é aumentar a possibilidade de redução de custos para a

fase operacional, mesmo que seja necessário um aumento adicional no investimento inicial (HERALOVA, 2017).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste estudo foi utilizada como estratégia de pesquisa a simulação, a partir de levantamento de dados em edificações.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi proposto um estudo de duas edificações localizadas no bairro Praia do Canto, na cidade de Vitória, no Espírito Santo.

A primeira edificação estudada, nomeada como Edifício A, foi inaugurada em 1989, tem uma área total de 3.411,21m². O prédio é composto por 12 apartamentos, distribuídos em 06 pavimentos e um pavimento de cobertura, além de dois pavimentos garagem e um salão de festas. A segunda edificação, Edifício B, foi entregue aos moradores em 1997, possui 15 pavimentos, sendo estes: 01 andar da portaria e garagens, outra andar de garagem, um andar do playground, 10 andares com um apartamento-tipo por andar e um andar duplo com um apartamento duplex, com área total de 4.540,48m².

3.1 Descrição das etapas de pesquisa

A coleta de dados foi realizada na sede da empresa de gestão condominial dos dois edifícios em estudo por meio do software Condomínio21, utilizado para a administração dos diferentes custos dos prédios. Esse software permitiu coletar dados referentes à operação e manutenção dos prédios divididos em dez categorias, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Categoria e itens dos dados referentes à operação e manutenção dos prédios

Categoria	Itens
Despesas com pessoal	Salário e custos adicionais;
Despesas de consumo	Água, gás, esgoto, energia, telefone e internet;
Despesas de manutenção e conservação	Manutenção de elevadores, bombas, piscina, extintores, material para reparo e conservação, manutenção hidráulica e elétrica, manutenção de ar-condicionado, dentre outros;
Despesas com obras e reformas	Paisagismo, reforma de fachada e material para reformas.
Despesas administrativas	Honorários e materiais contábeis.
Despesas com imobiliário;	Móveis, utensílios e equipamentos de segurança.
Despesas judiciárias;	Honorários de cobranças extrajudiciais
Despesas bancárias e financeiras;	Tarifas bancárias de movimentação e utilização de conta e empréstimos.
Despesas tributárias	Taxa de alvará e impostos.
Outras despesas.	Seguro condominial; Taxas diversas e Confraternização.

Fonte: AUTORES 2020

Os custos listados como despesas de consumo (custos de operação), despesas de manutenção e conservação (custos de manutenção), despesas com obras e reformas (custos de manutenção) compõem os itens coletados fundamentais para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Foi coletado o valor de custo mensal durante o período de janeiro de 2016 até julho de 2019 (época da realização da coleta).

Devido a dificuldades de coleta dos dados de custos das fases iniciais (projeto e construção) junto com as construtoras, estes custos foram obtidos por estimativa de preço baseando-se no Custo Unitário Básico (CUB) fornecido pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Espírito Santo, referente ao mês de julho de 2019 para edificações residenciais de padrão alto (R-16) (SINDUSCON-ES, 2020). A fim de obter uma estimativa de preço mais próximo da realidade da construção, adicionou-se um percentual equivalente 15% do CUB calculado, correspondendo a R\$ 2.196,01/m². O custo de projeto foi definido como 5% do custo estimado para a construção.

Já os custos de fim de vida foram obtidos através da composição de custos de serviços baseando-se nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2017) e nos custos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI do estado do Espírito Santo, gerando um custo unitário de R\$ 136,26/m².

3.1.1 Preparação dos dados

Como os dados coletados não compreendem todo o tempo de funcionamento dos empreendimentos fez-se necessário a utilização de métodos estatísticos para a determinação de valores médios representativos dos custos coletados.

A sequência de atividades desenvolvidas para o estudo é a seguinte:

- Obtenção das médias de cada item e subitem que compõem os custos de operação e manutenção coletados;
- Cálculo dos valores percentuais dos subitens;
- Regressão e progressão dos custos médios por meio da matemática financeira;
- Obtenção dos valores dos custos totais;
- Obtenção dos custos acumulados ano a ano, ao longo da vida útil estimada de 50 anos;
- Estimativa de custos anuais.
- Resumo dos custos totais de ciclo de vida do Edifício e o percentual de custo de cada etapa do Ciclo de vida

Para auxiliar a obtenção dos custos referentes aos anos anteriores ao ano de 2016 foi utilizada uma calculadora online fornecida pelo site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A calculadora possibilita simular a correção de uma quantia numa determinada data utilizando o índice de preço e saber o valor correspondente numa outra data (IBGE, 2020). Por meio da calculadora foi possível determinar os custos considerando as diferentes moedas utilizadas vigentes no período de análise.

3.1.2 Análise dos dados

A análise de dados baseia-se no trabalho realizado por Dwaikat e Ali (2018). Foi estimado um período de 50 anos como a vida útil do estudo de caso. A escolha de 50 anos foi baseada nos parâmetros da NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Pretende-se obter os custos de cada etapa das edificações estudadas e o percentual que representa os custos de projeto, construção, operação, manutenção e final de vida das edificações em relação ao custo total obtido.

A fim de se trabalhar com uma moeda estável, todos os custos foram convertidos da moeda local para o dólar americano usando a taxa de câmbio média do ano de análise, por meio de dados obtidos através do IPEA (2020).

3.1.3 Proposições de medidas de retrofit

A etapa subsequente da pesquisa é a avaliação da variação dos custos totais dos edifícios a partir da realização de *retrofits* sustentáveis.

As propostas de *retrofit* para as edificações foram selecionadas a fim de proporcionarem melhorias no desempenho térmico, considerando a envoltória como principal vetor. Buscou-se não interferir nos ambientes internos nem nos hábitos de consumo dos habitantes (SARTORI, 2018). Foram propostas cinco medidas para serem simuladas separadamente e depois reunidas em um único modelo:

- Proposta 01: Substituição da cobertura existente por um telhado verde;
- Proposta 02: Instalação de película refletora nos vidros das janelas e portas de correr;

- Proposta 03: Instalação de brises de alumínio;
- Proposta 04: Realização de pintura das superfícies opacas da envoltória em cores claras;
- Proposta 05: Instalação de fachada ventilada em placas pré-moldadas de concreto;
- Proposta 06: Reunião das propostas anteriores.

O processo de obtenção do CCV de cada uma das propostas é análogo ao apresentado no item 3.1.1.

Para se estimar o novo custo de consumo de energia de cada uma das propostas, baseou-se no estudo de redução de consumo de energia operacional primária ao longo do ciclo de vida dos edifícios elaborado por Sartori (2018), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Variação do consumo operacional dos edifícios A e B

Proposta	Edifício A		Edifício B	
	Consumo E.O. (GJ/m ²)	Consumo em relação ao edifício existente	Consumo E.O. (GJ/m ²)	Consumo em relação ao edifício existente
Existente	14,75	100%	10,75	100%
Proposta 01	14,8	100,34%	10,70	99,53%
Proposta 02	14,65	99,32%	10,55	98,14%
Proposta 03	14,70	99,66%	10,60	98,60%
Proposta 04	14,6	98,98%	10,50	97,67%
Proposta 05	13,25	89,83%	9,70	90,23%
Proposta 06	12,80	86,78%	9,20	85,58%

Fonte: Adaptado de SARTORI (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 contém uma análise resumida das estimativas de custos e pesos totais do ciclo de vida dos Edifícios A e B.

Tabela 2 – Resumo da estimativa de custos e pesos totais do ciclo de vida dos Edifícios A e B

	DESCRIÇÃO	Edifício A		Edifício B	
		CUSTO (US\$)	(%)	CUSTO (US\$)	(%)
Custos iniciais	Custos de projetos	46.095,22	1,04%	125.879,99	0,82%
	Custos de construção	921.904,40	20,80%	2.518.015,84	16,49%
Custos de manutenção	Custos de manutenção e conservação	1.109.693,08	25,04%	1.301.613,69	8,53%
	Custos de obra e reforma	129.715,65	2,93%	4.223.268,51	27,64%
Custos operacionais	Despesas de consumo	1.623.939,61	36,64%	5.509.922,24	36,09%
	Custos de fim de vida	600.322,91	13,55%	1.586.935,78	10,40%
	Total	4.431.670,87	100,00%	15.265.636,05	100%

Fonte: AUTORES 2020.

Conforme a Tabela 2, os custos operacionais representam 36,64% do CCV do Edifício A, tornando este custo como o de maior peso entre os outros componentes. Os custos de manutenção equivalem a 27,98% do custo total do ciclo de vida, ambos os custos são superiores ao custo de fim de vida (13,55%) e aos custos de projeto e custo de construção que representam 20,80% e 1,04% dos custos totais. Nota-se que mais de 60% dos custos refere-se ao período de uso e ocupação da edificação que são os custos de manutenção e consumo.

Em relação ao Edifício B, os custos de manutenção e conservação correspondem a 36,17% da previsão do CCV. Tornando este custo como o maior peso entre os outros componentes de custo do ciclo de vida; o custo de despesas de consumo (água e energia, por exemplo) equivale a 36,09% do custo total do ciclo de vida. Ambos os custos são bem superiores ao projeto e custo de construção e demolição 0,82% e 16,49% e 10,40%, respectivamente.

Sendo assim, baseado nos custos de consumo de energia e gás obtidos, foi possível analisar as propostas de *retrofit* e conhecer o impacto orçamentário delas para os custos operacionais e consequentemente para os custos totais das edificações estudadas.

A Tabela 3 mostra um comparativo dos custos totais e variação percentual dos CCV das propostas de *retrofit* do Edifício A

Tabela 3 – Comparativo dos custos totais e variação percentual dos CCV das propostas de *retrofit* do Edifício A e B.

	Proposta	Custo Total do Retrofit (US\$)	Varição em relação ao existente (%)
Edifício A	Existente	4.431.670,87	-
	Proposta 01	4.432.511,67	-0,02
	Proposta 02	4.449.981,87	-0,41
	Proposta 03	4.461.823,01	-0,68
	Proposta 04	4.512.835,70	-1,83
	Proposta 05	5.043.624,78	-13,81
	Proposta 06	5.093.748,03	-14,94
Edifício B	Existente	15.265.636,05	-
	Proposta 01	15.263.261,33	0,02
	Proposta 02	15.230.884,50	0,23
	Proposta 03	15.238.200,07	0,18
	Proposta 04	15.242.192,05	0,15
	Proposta 05	15.576.059,93	-2,03
	Proposta 06	15.520.253,33	-1,67

Fonte: AUTORES 2021.

Conforme pode ser observado pela Tabela 3, os custos totais de ciclo de vida do edifício existente e das quatro primeiras propostas são praticamente iguais, já as propostas 05 e 06, apesar de serem as mais viáveis ambientalmente, não são adequadas no aspecto econômico, afinal implementá-las geraria um aumento no custo total da edificação superior a 10% do custo original.

Em Relação ao Edifício B, verifica-se que a implementação das propostas 01, 02, 03 e 04 gera benefícios econômicos em relação ao CCV existente. Já as propostas 05 e 06 gerariam um aumento no CCV da edificação, porém algo próximo a 2% o que ainda as tornam viáveis economicamente, afinal ambientalmente apresentaram melhores resultados, pois são as que apresentam maiores redução de consumo de energia operacional.

4.1 Determinação da redução de custo de consumo mínima necessária

A Tabela 4 traz a redução mínima de custo de energia operacional necessária para que uma vez adotadas as propostas o CCV de cada uma delas não ultrapassem o atual CCV do Edifício A e do Edifício B.

Tabela 4 – Redução mínima necessária de custos de consumo dos Edifícios (Continua)

	Proposta	Consumo existente (US\$)	Consumo projetado (US\$)	Consumo mínimo necessário (US\$)	Percentual de custos de consumo necessário em relação ao existente	Percentual de custos consumo projetado em relação ao existente
Edifício A	P01	1.623.939,61	1.624.780,41	1.623.939,61	100,00%	100,05%
	P02	1.623.939,61	1.622.258,01	1.603.947,01	98,77%	99,90%
	P03	1.623.939,61	1.623.098,81	1.592.946,67	98,09%	99,95%
	P04	1.623.939,61	1.621.417,21	1.540.252,38	94,85%	99,84%
	P05	1.623.939,61	1.598.715,66	986.761,75	60,76%	98,45%
	P06	1.623.939,61	1.591.148,48	929.071,31	57,21%	97,98%
Edifício B	P01	5.509.922,24	5.499.189,02	5.501.563,75	99,85%	99,81%
	P02	5.509.922,24	5.466.989,36	5.501.740,92	99,85%	99,22%
	P03	5.509.922,24	5.477.722,58	5.505.158,56	99,91%	99,42%

Tabela 4 – Redução mínima necessária de custos de consumo dos Edifícios (Conclusão)

	Proposta	Consumo existente (US\$)	Consumo projetado (US\$)	Consumo mínimo necessário (US\$)	Percentual de custos de consumo necessário em relação ao existente	Percentual de custos consumo projetado em relação ao existente
Edifício B	P04	5.509.922,24	5.456.256,14	5.479.700,14	99,45%	99,03%
	P05	5.509.922,24	5.284.524,61	4.974.100,74	90,28%	95,91%
	P06	5.509.922,24	5.177.192,41	4.922.575,13	89,34%	93,96%

Fonte: AUTORES 2021.

Nota-se que, para o Edifício A, em todos os casos para que a implementação das propostas de *retrofit* ocorra sem gerar aumento no custo total do edifício seria necessária uma redução de custos de consumo superior ao projetado. No caso da proposta 01 mantendo-se o custo do Edifício A na condição atual já seria suficiente, para as propostas 02 e 03 uma pequena redução percentual já seria suficiente e para as propostas 05 e 06 essa redução deveria ser em cerca de 60%.

Para o Edifício B, nota-se que para as três primeiras propostas seria necessária uma pequena redução (decimal) de custos de consumo do que foi projetado para se implementar os *retrofit* em 2021 sem gerar aumento no custo total do edifício. Em relação às propostas 04, 05 e 06 a redução de custos de consumo projetada já é suficiente para não gerar aumento no custo total do edifício.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho inova ao avaliar parâmetros necessários para que a implementação de um *retrofit* não torne o CCV da edificação mais caro que o CCV original da edificação sem a realização de *retrofit*.

Notou-se que os custos associados à operação e manutenção predial são muito maiores do que os custos de projeto e construção desses edifícios, representando mais de 60% dos custos totais nas duas edificações estudadas. As despesas de consumo, que incluem água e energia são superiores ao peso do custo de projeto e construção.

Com relação ao CCV, os resultados desses trabalhos mostram a importância da análise de custo de ciclo de vida para tomada de decisões de projetos. A relação entre benefícios ambientais e econômicos, em curto prazo podem se comportar inversamente proporcional, ou seja, algumas propostas que geram melhores benefícios ambientais apresentam maior custo de implementação, mas quando considerado o ciclo de vida da edificação esse custo incremental é diluído e o saldo econômico-ambiental é positivo.

Quando comparado os resultados dos Edifícios A e B, conclui-se que quanto mais cedo acontecer a realização do *retrofit* maior é a redução de custos obtida pela edificação ao longo do ciclo de vida. Para o Edifício A, por ser um edifício que já ultrapassou a metade da vida útil estimada para o estudo, os custos totais do ciclo de vida da edificação com a adoção das propostas são superiores aos custos totais do ciclo de vida no estado original. No caso do Edifício B, algumas propostas mostraram-se favoráveis economicamente, isso se justifica pelo fato do edifício ser mais novo e assim a adoção das medidas permitirá uso da edificação com a redução de consumo de energia operacional por um maior tempo.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações Habitacionais — Desempenho** Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BU, S. *et al.* Literature review of green retrofit design for comercial buildings with BIM implication. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 4, n. 2, p. 188- 214, 2015.

BUYLE M., AUDENAERT A., BRAET J., DEBACKER W. Towards a More Sustainable Building Stock: Optimizing a Flemish Dwelling Using a Life Cycle Approach. **Buildings**, v.5 p. 424-448, 2015.

DWAIKATA, L.; ALI, K. Green buildings life cycle cost analysis and life cycle budget development: Practical applications. **Journal of Building Engineering**, p. 303-311, 2018.

HERALOVA, R. S. Life cycle costing as an important contribution to feasibility study in construction projects **Procedia Engineering V.** 196, p. 565 – 570, 2017.

HERALOVA, R. S. **Importance Of Life Cycle Costing For Construction Projects.** Engineering For Rural Development. Jelgava, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Inflação.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php> > Acesso em: 16 jun. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Taxa de câmbio - R\$ / US\$ - média anual.** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924> > Acesso em: 04 jul. 2020.

KATS, G. **The Costs and Financial Benefits of Green Buildings A Report to California's Sustainable Building Task Force.** 2003.

KHASREEN M. M., BANFILL P. F. G, MENZIES GF. Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. **J Sustain.** p. 674–701. 2009.

SARTORI, T. G. **Medidas de retrofit em edifícios típicos existentes de um bairro: desempenho e avaliação do ciclo de vida energético.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Dissertação VITÓRIA-ES 2018.

SCHIAVONI, S., D'ALESSANDRO, F., BIANCHI, F. e ASDRUBALI, F. Insulation materials for the building sector: a review and comparative analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** V.62, p. 988-1011, 2016.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Valor do CUB.** Disponível em < http://www.sinduscon-es.com.br/v2/cgi-bin/cub_valor.asp?menu2=25> Acesso em 15 de jun. de 2020.

TCPO: **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos/** organização da Editora.15. ed. São Paulo. Pini, 2017.

TESHNIZIA, Z.; PILONA, A.; STOREYB S.; LOPEZA D. **Lessons Learned from Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Two Residential Towers at the University of British Columbia.** CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 25, 2018, Copenhagen, Denmark Copenhagen, ScienceDirect, p.172-177, 2018.

WOO, J. H.; MENASSA, C.; Virtual Retrofit Model for aging comercial buildings in a smart grid environment. **Energy and Buildings.** vol. 80, p. 424–435, 2014.

ZHANG, Z., WU, X., YANG, X., ZHU, Y. BEPAS - A life cycle building environmental performance assessment model. **Building and Environment.** v. 41, p.669–675, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro ministrado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).