

Potencial de atendimento de edifício escolar público a requisitos das certificações do PBE Edifica e do LEED sem grandes intervenções

Potential of a public school building to meet the requirements of the PBE Edifica and LEED certifications without major interventions

Luiza Araújo Vaz, Engenheira de Produção Civil, CEFET-MG.

luizavaz0@gmail.com

Raquel Diniz Oliveira, Professora Doutora, CEFET-MG.

raqueldo@gmail.com

Júlia Cordeiro Vieira, Eng. e Mestranda em Eng. Civil, CEFET-MG.

juliacordeiroengcivil@gmail.com

Resumo

Diversos regulamentos de eficiência energética e ambiental têm sido aplicados para certificação do patrimônio edificado. Neste trabalho, buscou-se comparar os critérios exigidos em dois referenciais edilícios proeminentes no Brasil: RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicas) e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), aplicados a uma edificação pública escolar existente. Constatou-se que o atendimento aos pré-requisitos para classificação máxima pelo RTQ-C não é suficiente para possibilitar a certificação mínima pelo LEED. Para tanto, adequações ao edifício seriam necessárias, as quais poderiam acrescentar cerca de 2,54% no custo total de construção do edifício. Portanto, este trabalho mostrou relevância acadêmica, ao incentivar o desenvolvimento de pesquisas científicas acerca da sustentabilidade nas universidades, além de identificar uma solução prática para um problema real. A metodologia pode servir de base para estudos semelhantes.

Palavras-chave: Certificação de edifícios; LEED; RTQ-C; Custo; Melhoria da classificação

Abstract

Several regulations of energy and environmental efficiency have been applied for the certification of built heritage. This study aimed to compare the criteria required by two prominent building regulations in Brazil: RTQ-C (Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings) and LEED applied to an existing public school building. It was found that meeting the prerequisites for maximum classification by the RTQ-C is insufficient to enable LEED's minimum certification. For that, construction adjustment would be necessary, which could add about 2.54% to the cost of the building construction. Therefore, this study showed academic relevance, by encouraging the development of scientific research on sustainability in universities, and practical contribution, by identifying a solution to a real problem. The methodology serves as a basis for similar studies.

Keywords: Building certification; LEED; RTQ-C; Cost; Classification improvement

1. Introdução

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015), 85% da população brasileira vive em áreas urbanas. O intenso processo de urbanização traz consigo inúmeros efeitos negativos ao meio ambiente. Cerca de metade da energia produzida no mundo é consumida nas cidades. Complementarmente, as cidades são responsáveis pela emissão de 75% dos gases de efeito estufa e pela geração de aproximadamente 50% dos resíduos sólidos. Portanto, construir cidades mais sustentáveis é uma necessidade cada vez mais urgente, cuja principal ferramenta consiste no planejamento e projeto de soluções construtivas eficientes.

A eficiência energética em edificações visa garantir o uso consciente de energia, sem afetar o desempenho energético, lumínico, térmico ou acústico previstas ao edifício. A etiquetagem de edifícios é a principal forma de fomentar políticas de eficiência energética. Tal recurso vem sendo muito aplicado em vários países europeus, bem como nos Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália, por meio de regulamentos obrigatórios ou voluntários. Neste contexto, um dos referenciais em destaque é o LEED, que avalia não só o impacto energético como ambiental de edifícios (VILHENA, 2007). Nessa tendência, o Brasil conta desde 2003 com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), processo que originou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para avaliar edificações ou equipamentos, visando reduzir o desperdício de energia (MMA, 2015).

Na iniciativa pública brasileira, mais de 240 edificações já receberam a etiqueta do PBE Edifica em todo território nacional desde 2009 (PBE EDIFICA, 2021). Ademais, estima-se que, desde 2015, o Selo Procel Edificações tenha poupado mais de 29,25 GWh de energia no Brasil, equivalente a uma redução de cerca de R\$ 12,5 milhões em custos de energia e a 2.710 toneladas de emissões de CO₂ evitadas (PROCEL, 2021). Já no setor privado, o Brasil ocupa o 5º lugar no *ranking* mundial de construções sustentáveis certificadas pelo LEED, com mais de 700 empreendimentos de diferentes tipologias classificados desde 2007 (GBCB, 2020).

Diante das eminentes e promissoras ferramentas de avaliação edilícia no país, propõe-se avaliar o impacto que o atendimento à classificação máxima de eficiência energética do PBE Edifica representa no nível da certificação ambiental LEED. Para isso, caracterizou-se o atendimento de um prédio escolar público, existente, aos requisitos exigidos em ambos os sistemas, considerando as estratégias para obter a etiqueta A na ENCE. Em seguida, propôs-se novas melhorias, visando a obtenção do nível mínimo de certificação LEED. Adicionalmente, verificou-se o impacto no custo do edifício pelas adequações propostas.

2. Revisão da Literatura

Notórios são os benefícios propiciados pelas políticas de sustentabilidade e eficiência energética em edificações. Dentre eles, tem-se a transformação da construção civil e da indústria brasileira, ao incentivar o desenvolvimento e uso de equipamentos e sistemas construtivos de alta eficiência, bem como o melhor aproveitamento de recursos naturais, como iluminação e ventilação natural na edificação (MMA, 2015). Ademais, percebe-se que as condições de saúde, bem-estar e qualidade de vida dos ocupantes de edificações certificadas também são beneficiadas (MACNAUGHTON *et al.*, 2017).

A partir de 2014, exige-se que edificações públicas federais novas ou que passaram por *retrofit* atinjam classificação de nível A de eficiência energética na ENCE. Para tanto, o RTQ-

C apresenta dois métodos de avaliação: prescritivo e/ou de simulação. No método prescritivo, mensura-se a classificação do edifício por meio de equações que fornecem uma pontuação total. Em síntese, o nível de eficiência da edificação é verificado pela avaliação combinada de três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, podendo variar de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) (BRASIL, 2014). Ainda, foi lançado em 2021 o novo regulamento de avaliação, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

Por outro lado, o LEED foi criado com o intuito de avaliar voluntariamente a edificação, abrangendo aspectos que afetam a sustentabilidade e o ambiente em que está inserida no seu ciclo de vida. Diversas versões do referencial são disponibilizadas à cada tipologia e fase de projeto. Para edifícios já existentes, tem-se o LEED O+M (Operação e Manutenção de Edifícios), pelo qual avalia-se o atendimento a pré-requisitos (obrigatórios) e créditos (opcionais), referentes a oito categorias contempladas pelo referencial. Em seguida, calcula-se o resultado total atingido conforme as pontuações máximas disponíveis à cada categoria (Quadro 1). São possíveis quatro níveis de certificação: Certificado, Prata, Ouro e Platina, conforme os intervalos de pontos disponíveis no Quadro 2 (USGBC, 2019).

Quadro 1: Disposição da pontuação do LEED O+M: *Schools* v.4.

Categorias e Pontuação (créditos possíveis de serem obtidos)							
LT (15)	SS (10)	WE (12)	EA (38)	MR (8)	EQ (17)	IN (6)	RP (4)
Legenda: Localização e Transporte (LT); Terrenos Sustentáveis (SS); Eficiência Hídrica (WE); Energia e Atmosfera (EA); Materiais e Recursos (MR); Qualidade do Ambiente Interno (EQ); Inovação (IN); e Prioridade Regional (RP).							

Fonte: Adaptado de USGBC (2014a).

Quadro 2: Níveis de certificação LEED.

Certificação	Certificado	Prata	Ouro	Platina
Número de Pontos	40 a 49	50 a 59	60 a 79	80 a 110

Fonte: Adaptado de USGBC (2019).

Há muitas oportunidades de estudo quanto ao processo de certificação de edificações. Em Curitiba-PR, Silva e Freitas (2016) avaliaram a classificação ambiental de um prédio escolar federal e propuseram melhorias visando a certificação LEED. Em Dubai, Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2021) verificaram que os custos para adequar escolas aos níveis Certificado, Prata, Ouro e Platinum do LEED poderiam aumentar em 0,15%, 0,46%, 1,42% e 4,97% no orçamento da reforma, respectivamente. Sob a ótica da Etiqueta do PBE Edifica, em Belo Horizonte-MG, Sá e Oliveira (2019) e Vieira *et al.* (2019) avaliaram a classificação da eficiência energética de prédios escolares públicos pelo método prescritivo do RTQ-C e propuseram melhorias para alcance da etiqueta A na ENCE.

Muitas pesquisas também têm se preocupado em contrapor diferentes referenciais de eficiência energética. Em São Paulo-SP, Passos (2019) análise comparativa dos critérios de avaliação LEED e AQUA. Foram identificadas semelhanças na abordagem entre as duas certificações, como as categorias avaliadas. Contudo, observaram-se que os diferentes pesos na pontuação dos critérios ocasionaram grandes disparidades nos resultados finais, sendo de 21,8 a 29,6% maior no sistema LEED do que no AQUA. Lima e Rios (2019) também compararam, qualitativamente, ambas as certificações a uma terceira do município de Fortaleza-CE, denominada Fator Verde. Concluiu-se nesse estudo que os processos de certificação AQUA e LEED oferecem maior variedade de categorias de avaliação e maior valor agregado aos imóveis. Por outro lado, uma certificação regional como o Fator Verde é um grande incentivo

às práticas locais de eficiência energética na construção. Sob a ótica do PBE Edifica, Vieira *et al.* (2019) avaliaram comparativamente o método prescritivo do RTQ-C e o seu Novo Método, posto em consulta pública em 2018. A discrepância entre os resultados indicou limitações em ambos os métodos.

Nesse contexto, verifica-se que pesquisas relacionadas aos referenciais RTQ-C e LEED podem auxiliar no diagnóstico de eficiência energética e sustentabilidade do patrimônio edificado, bem como na formulação de soluções construtivas aplicáveis para a melhoria da sua classificação. Por outro lado, comparar o custo-benefício entre diferentes referenciais edifícios pode auxiliar na tomada de decisões projetuais de um edifício.

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia desse trabalho abarcou sete etapas principais, conforme Figura 1. Primeiramente, descreveu-se o edifício avaliado, como suas características arquitetônicas, construtivas, de ocupação e localização. Em seguida, consultou-se o estudo de classificação de eficiência energética do prédio, realizado por Sá e Oliveira (2019) conforme o método prescritivo do RTQ-C (BRASIL, 2014), bem como suas propostas de melhoria para o alcance do nível A na ENCE pelo edifício. Na sequência, avaliou-se a edificação em seu estado atual conforme a certificação LEED para prédios existentes (O+M), versão 4 (2014b). Com isso, verificou-se se as oportunidades de melhoria pontuadas por Sá e Oliveira (2019) causariam alguma mudança na pontuação até então obtida pelos critérios do LEED. Posteriormente, sugeriram-se novas intervenções ao prédio para aumentar sua pontuação no LEED e atingir o nível Certificado. A partir disso, investigou-se o custo da adequação do prédio, mediante consulta ao custo de insumos e composições de serviços não desonerados para o mês de janeiro de 2021, em Minas Gerais, fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Por fim, comparou-se a nova pontuação obtida no LEED com a suposta classificação A na ENCE e analisaram-se os resultados.

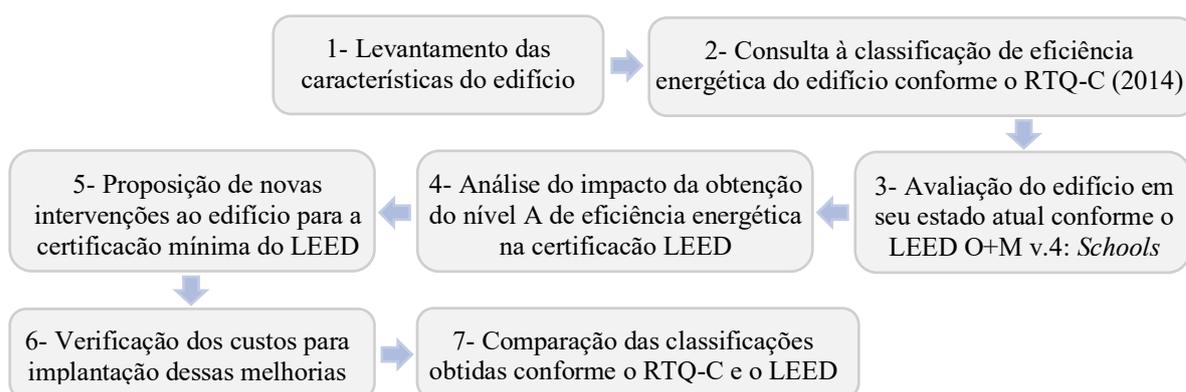


Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas. Fonte: elaborado pelos autores.

3.1. Caracterização do estudo de caso

Selecionou-se para estudo de caso o Prédio 12 do CEFET-MG, Campus II, um edifício escolar público com atividades educacionais e administrativas, localizado em Belo Horizonte-MG. Possui dois pavimentos (Figura 2) com área total construída de 2.258,36 m², contendo salas de aula, auditório, banheiros, laboratórios de pesquisa e informática e gabinetes administrativos. O prédio foi construído em alvenaria de blocos cerâmicos de vedação e

estrutura em concreto armado. Todas as fachadas possuem janelas em vidro de correr, do mesmo tamanho, e porta para circulação de pedestres de tamanhos e materiais variados. A fachada frontal (Figura 3a) é protegida por brises horizontais fixos, enquanto a posterior (Figura 3b) é semienterrada e possui uma rampa de acesso ao segundo andar. Já a fachada lateral direita (Figura 3c) possui uma varanda coberta nos dois pavimentos.

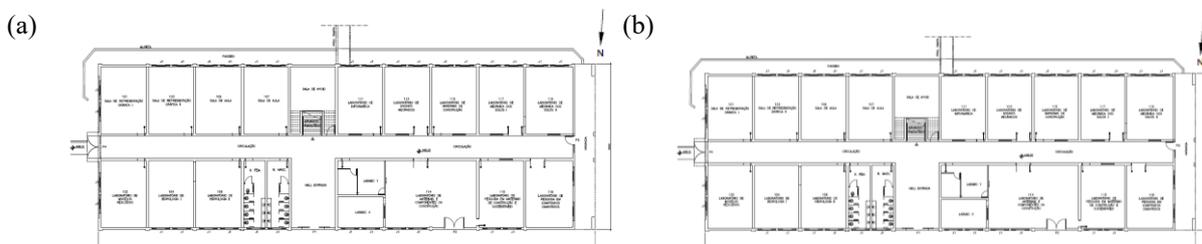


Figura 2 – Plantas baixas do (a) 1º pavimento e (b) 2º pavimento do Prédio 12. Fonte: Adaptado de Divisão de Projetos do CEFET-MG.



Figura 3 – Fachadas (a) frontal (norte), (b) posterior (sul), (c) lateral direita (leste) e (d) lateral esquerda (oeste) do Prédio 12 em seu estado atual. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2. Caracterização prévia do edifício pelo RTQ-C

Segundo Sá e Oliveira (2019), a envoltória e o sistema de iluminação do Prédio 12 foram inicialmente classificados como A pelo RTQ-C. Contudo, suas classificações caíram para C e B, respectivamente, devido ao não atendimento de pré-requisitos de absorvância das superfícies, transmitância térmica da cobertura e contribuição de luz natural. O sistema de condicionamento de ar obteve classificação C devido ao seu desempenho insuficiente e por não atender a pré-requisitos. Assim, as autoras propuseram algumas estratégias de melhoria ao Prédio 12, visando o alcance da classificação A na ENCE. Para a envoltória, sugeriu-se a pintura das paredes externas em cores claras e de textura lisa, além da troca das telhas metálicas da cobertura por telhas termoacústicas. Para o sistema de iluminação, recomendou-se a separação do acionamento da fileira de lâmpadas próximas às janelas para o aproveitamento da iluminação natural. Já para o sistema de condicionamento de ar, sugeriu-se a troca dos aparelhos por modelos etiquetados com eficiência A pelo INMETRO, além do isolamento das tubulações do sistema (SÁ; OLIVEIRA, 2019).

Cabe ressaltar que, a partir do estudo de Sá e Oliveira (2019), o Prédio 12 sofreu alterações na cor das paredes externas (do amarelo ocre para o cinza claro) e dos elementos estruturais (do bordô para o azul marinho). Diante disso, mediu-se a nova absorvância à radiação solar das paredes externas em 0,52, conforme método descrito por Sangoi, Ramos e Lamberts (2010), resultando no atendimento ao pré-requisito de absorvância das paredes.

3.3. Caracterização do consumo hídrico e elétrico

Na análise do atendimento aos critérios da categoria WE do referencial LEED O+M: *Schools* (2014), deve-se estimar e comparar o consumo hídrico real do edifício com um consumo de

referência definido pelo LEED. Para isso, levantaram-se as instalações hidráulicas do Prédio 12 conforme seu funcionamento atual. Não há sistema de irrigação da área gramada no entorno do edifício. Assim, foram considerados lavatórios, torneiras (automáticas, convencionais e de tanque), bacias sanitárias (com válvulas de descarga de parede), mictórios (com descarga automática) e bebedouros. Para o consumo hídrico de referência, consideraram-se as vazões de cada tipo de dispositivo hidrossanitário definidas pelo referencial LEED (2014), além das rotinas de uso e ocupação do prédio ao longo das semanas típicas de um ano letivo. Por fim, obteve-se um consumo anual médio de referência LEED igual a 362.992,97 litros.

Para avaliar o consumo hídrico real do Prédio 12, por sua vez, verificaram-se as medições mensais realizadas no Campus II pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) ao longo de 2019. Na sequência, ponderaram-se essas medições em relação às áreas construídas do prédio e do campus, visto que não há aferição individual de água para cada prédio da instituição. Por fim, estimou-se um consumo hídrico medido de 1.253.982,43 litros para o Prédio 12, valor que representa 345% daquele esperado, de acordo com a baseline estabelecida pelo LEED, não atendendo assim ao pré-requisito.

Por outro lado, para avaliar o atendimento a pré-requisitos da categoria EA, a Opção 2 do referencial LEED estabelece que os dados de consumo de energia do terreno do edifício do último ano devem melhorar em 25%, quando comparado aos três anos consecutivos dos cinco anos anteriores à avaliação (neste estudo, 2019) (USGBC, 2014b, p. 41). Como também não há aferição separada de energia para cada prédio da instituição, para estimar o consumo elétrico real no Prédio 12, avaliaram-se as medições de energia do Campus II realizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em 2014, 2015 e 2016. Em seguida, estimou-se que o Prédio 12 representa 5% do consumo total de energia do campus, considerando as atividades desenvolvidas no edifício. Contudo, não foi possível obter as medições de energia dos meses de outubro a dezembro de 2016. Mesmo assim, presume-se pela tendência do padrão de consumo até o mês de setembro (Tabela 1) que não houve redução do consumo em três anos consecutivos, não atendendo ao pré-requisito.

Tabela 1: Consumo de energia no Prédio 12.

Período	Consumo de energia anual (KWh)			Consumo de energia mensal (KWh/m ²)			
	Ano	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Janeiro a setembro		31.258,50	35.343,00	39,749,50	13,84	15,65	17,60
Total no ano		44.761,50	49.864,50	-	19,82	22,08	-

Fonte: Autores.

4. Aplicações e Resultados

Neste item, serão apresentados os resultados da aplicação do regulamento LEED para Operação e Manutenção de Edifícios Existentes ao edifício escolar, bem como da avaliação do investimento necessário para a certificação mínima no LEED. Devido à limitação de espaço, apenas as características que atenderam aos critérios serão detalhadas.

4.1. Avaliação do LEED O+M v.4: *Schools*

O Prédio 12 trata-se de uma construção permanente em terreno existente, o que permite sua avaliação pelo regulamento. Visando possibilitar a avaliação dos impactos que o edifício causa

em seu espaço e redondezas, com o auxílio da ferramenta Google Earth®, delimitou-se uma área do seu entorno (Figura 4), abrangendo a praça de convivência em frente à fachada frontal, o estacionamento dos professores atrás do edifício e a área verde a oeste, totalizando em 1.305,88 m² de área de grama. Nesse limite de contorno, levou-se em consideração as atividades executadas pelos usuários do edifício e seu cotidiano, incluindo as áreas que frequentam durante o período de ocupação do prédio.



Figura 4 – Escopo do projeto e área de grama. Fonte: elaborado pelos autores.

4.1.1. Avaliação do Prédio 12 - estado atual

Verificou-se que o Prédio 12, em seu estado atual, não pode ser classificado em nenhum dos níveis definidos pelo LEED O+M v4: *Schools*, visto que obteve apenas 20 pontos na avaliação. A edificação não atendeu a nenhum pré-requisito definido pelo referencial. Além disso, apenas quatro créditos (detalhados na sequência) foram atendidos. Tais créditos pertencem a três categorias de avaliação, conforme resumido na Figura 5.

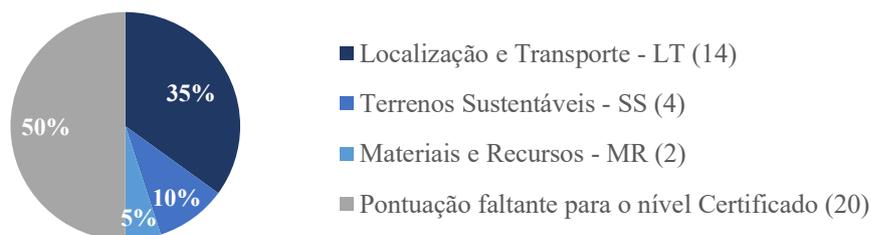


Figura 5 – Pontuação atual e faltante para o nível certificado. Fonte: elaborado pelos autores.

Na categoria LT, o crédito “transporte alternativo” é obtido pela aplicação de uma pesquisa de transporte aos ocupantes a cada cinco anos e, posteriormente, pelo cálculo de uma taxa de transporte alternativo, pontuando conforme as taxas mínimas estabelecidas no referencial (USGBC, 2014b, p. 12). Neste estudo, considerou-se que o Departamento de Transportes (DET) do CEFET-MG realiza tais consultas acerca da mobilidade e mantém uma base de dados atualizada. Para o cálculo da taxa de transporte alternativo, considerou-se que todos os alunos do ensino técnico e 30% dos alunos da graduação se deslocam por meio de ônibus ou van. A partir disso, calculou-se que uma taxa de 68,8% dos ocupantes do Prédio 12 usufruem de transporte alternativo, obtendo-se 14 pontos no crédito.

Na categoria SS, apenas dois créditos foram atendidos: “desenvolvimento do terreno - proteger ou restaurar o habitat” e “redução de ilhas de calor”. No primeiro, obteve-se 2 pontos pelo terreno possuir mais de 465m² de vegetação nativa inserida, como mangueiras e palmeiras. Quanto ao segundo crédito, apesar da cobertura do Prédio 12 não possuir telhado verde e nem de alta refletância, obteve-se 2 pontos devido à área não coberta do terreno (3.470 m²) compensar a área total impermeável, como de pavimentação (1.635 m²) e de telhado (1.250 m²), conforme posto na Opção 3 do referencial (USGBC, 2014b, p. 18).

Na categoria MR, foi possível atender a apenas um crédito, “gerenciamento de resíduos sólidos – reformas e ampliações das instalações”. Já que existe uma política de reaproveitamento dos resíduos provenientes das atividades do laboratório de materiais de construção, foram designados 2 pontos ao crédito.

4.1.2. Avaliação do Prédio 12 – considerando as melhorias de eficiência energética

Ao analisar as propostas de melhoria de Sá e Oliveira (2019), inferiu-se que apenas a troca dos aparelhos condicionadores de ar e a reforma no acionamento de luminárias poderiam melhorar a pontuação no LEED. Nesse sentido, a primeira intervenção levaria ao atendimento ao pré-requisito “gerenciamento fundamental de gases refrigerantes”, definido na categoria EA, visto que os atuais dispositivos condicionadores de ar utilizam gases refrigerantes à base de hidroclorofluorcarbono (HCFC). Já a segunda intervenção possibilitaria a obtenção de 1 ponto no crédito “iluminação interna”, na categoria EQ. Portanto, concluiu-se que, após as adequações necessárias para obtenção da classificação A na etiqueta ENCE, o nível de classificação do Prédio 12, de acordo com o LEED, permaneceria o mesmo. Logo, maiores intervenções no edifício ainda seriam necessárias para obter a classificação mínima de “Certificado”.

4.1.3. Proposição de estratégias para obtenção do nível Certificado no LEED

Nesta etapa, levou-se em consideração adequações construtivas mais simples ao edifício e que trariam maiores ganhos para atender aos pré-requisitos e adquirir pelo menos 20 pontos em créditos opcionais. Assim, as propostas de melhoria para o prédio estudado são: substituição dos aparelhos de ar condicionado; instalação de um sistema de irrigação automático para as áreas de grama; adoção de torneiras e descargas mais econômicas; individualização da medição de água e energia; instalação de placas, delimitando as áreas nas quais é ou não permitido fumar; e contratação de uma empresa de limpeza certificada com selo verde, garantindo que seus instrumentos utilizados sejam sustentáveis.

Adicionalmente, sugerem-se algumas práticas não onerosas, como: disponibilização do auditório para eventos abertos à sociedade; adoção de rotina de medição dos dispositivos hidráulicos, visando estabelecer uma baseline do consumo da água e sanar eventuais vazamento ou desperdício; incorporação de pré-requisitos sustentáveis nas licitações de compra dos insumos pela instituição; e desenvolvimento de linhas de pesquisa com vertentes na sustentabilidade no Prédio 12, tais como mapeamento do consumo de água dos aparelhos, implantação de medidas sustentáveis na rotina dos usuários do edifício e a aplicação de questionários periódicos abordando o conforto dos ocupantes. Assim, apresenta-se no Quadro 3 um resumo da nova avaliação do Prédio 12 pelo LEED O+M v4: *Schools*, totalizando em 43 pontos na avaliação.

Quadro 3: Avaliação do Prédio 12 no LEED O+M v4: *Schools* antes e após as sugestões de melhoria.

S		?		N					
LEED v4 para Operações e Manutenção: Escolas (LEED v4 for Operations & Maintenance: Schools) Lista de verificação do projeto									
					Nome do projeto: Prédio 12 - CEFET-MG - Campus II Data: set/2019				
14		0		1		15			
14		1							
Localização e Transporte									
Crédito Transporte Alternativo 15									
4		1		5		10			
Terrenos Sustentáveis									
Pré-req 1 Política de Gestão do Terreno Obrigatório									
2		Crédito		Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat		2			
2		Crédito		Gestão de Águas Pluviais		2			
2		Crédito		Redução de Ilhas de Calor		2			
1		Crédito		Redução da Poluição Luminosa		1			
1		Crédito		Gerenciamento do Terreno		1			
1		Crédito		Plano de Melhoria do Terreno		1			
1		Crédito		Uso Conjunto das Instalações		1			
0		7		5		12			
Eficiência Hídrica									
Pré-req 1 Redução do Uso de Água do Interior Obrigatório									
Pré-req 2 Medição de Água do Edifício Obrigatório									
2		Crédito		Redução do Uso de Água do Exterior		2			
5		Crédito		Redução do Uso de Água do Interior		5			
3		Crédito		Uso de Água de Torre de Resfriamento		3			
2		Crédito		Medição de Água		2			
0		0		38		38			
Energia e Atmosfera									
Pré-req 1 Melhores Práticas de Gestão de Eficiência Energética Obrigatório									
Pré-req 2 Desempenho Mínimo de Energia Obrigatório									
Pré-req 3 Medição de Energia do Edifício Obrigatório									
Pré-req 4 Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes Obrigatório									
2		Crédito		Comissionamento de Edifício Existente - Análise		2			
2		Crédito		Comissionamento de Edifício Existente - Implementação		2			
3		Crédito		Comissionamento Contínuo		3			
20		Crédito		Otimizar Desempenho Energético		20			
2		Crédito		Medição de Energia Avançada		2			
3		Crédito		Resposta à Demanda		3			
5		Crédito		Energia Renovável e Compensação de Carbono		5			
1		Crédito		Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes		1			
2		4		13		17			
Qualidade do Ambiente Interno									
Pré-req 1 Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior Obrigatório									
Pré-req 2 Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco Obrigatório									
Pré-req 3 Política de Limpeza Verde Obrigatório									
2		Crédito		Programa de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interior		2			
2		Crédito		Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior		2			
1		Crédito		Conforto Térmico		1			
2		Crédito		Iluminação Interna		2			
4		Crédito		Luz Natural e Vistas de Qualidade		4			
1		Crédito		Limpeza Verde - Avaliação da Eficiência de Limpeza		1			
1		Crédito		Limpeza Verde - Produtos e Materiais		1			
1		Crédito		Limpeza Verde - Equipamentos		1			
2		Crédito		Gerenciamento Integrado de Pragas		2			
1		Crédito		Pesquisa de Conforto do Ocupante		1			
0		5		1		6			
Inovação									
5		Crédito		Inovação		5			
1		Crédito		Profissional Acreditado LEED		1			
0		2		2		4			
Prioridade Regional									
1		Crédito		Crédito Específico - Resposta à Demanda		1			
1		Crédito		Crédito Específico - Otimizar Desempenho Energético		1			
1		Crédito		Crédito Específico - Limpeza Verde - Equipamentos		1			
1		Crédito		Crédito Específico - Redução do Uso de Água do Exterior		1			
1		Crédito		Crédito Específico - Energia Renovável e Compensação de Carbono		1			
1		Crédito		Crédito Específico - Gestão de Águas Pluviais		1			
20		23		67		TOTAIS		Pontos Possíveis: 110	
Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: Mais de 80 pontos									

Legenda: Coluna cinza - pré-requisitos identificados como já cumpridos (S) ou passíveis de serem cumpridos (P) pelas sugestões de melhoria; Coluna verde - pontuações atendidas pelo Prédio 12 em seu estado atual; Coluna amarela e linhas azuis - pontuação e destaque dos critérios com potencial de serem atendidos, após a aplicação das melhorias propostas; Coluna laranja - pontuação remanescente dos critérios que não são possíveis de serem implementados no projeto.

Fonte: Adaptado de USGBC (2014a).

4.2. Estimativa de custos para reforma

De posse das intervenções propostas ao Prédio 12, estimou-se o valor aproximado para a sua reforma e certificação mínima pelo LEED (Tabela 2). Considerando a troca de 10 torneiras dos lavatórios dos banheiros, 23 torneiras dos laboratórios e de uso geral, 18 descargas das bacias sanitárias e incluindo a mão de obra necessária, os custos destinados aos reparos hidráulicos totalizariam em R\$ 6.431,22. Quanto à troca do sistema de condicionamento de ar, a compra de 17 novos aparelhos com selo A do PROCEL geraria um custo de R\$ 53.533,00, podendo sofrer alterações, devido à necessidade de isolar as tubulações de acordo com seus respectivos diâmetros. Por fim, estimou-se um custo de R\$ 1.556,50 para a instalação de um sistema de irrigação para as áreas de grama, considerando um total de 283 m de tubulação no perímetro desta edificação.

Assim, os custos totais estimados para implantação das melhorias propostas somaram R\$ 61.520,72. Vale lembrar que a certificação LEED é um processo com custo à submissão e análise de documentos comprobatórios. Por exemplo, para certificar um edifício por três anos, com área inferior a 23.000 m², no nível “certificado” (40 pontos), as tarifas resultariam em cerca de US\$ 36.650 (USGBC, 2021), equivalente a R\$ 200.842,00, considerando a cotação do dólar de R\$ 5,48 em janeiro de 2021. Assim, os gastos totais pela reforma e pelo processo de registro da certificação junto ao USGBC poderiam gerar um acréscimo em torno de 10,8% no custo de

construção do Prédio 12. Cumpre destacar que o valor da construção do Prédio 12 foi estimado em R\$ 2.418.530,03, com base no valor orçado para a obra de sua duplicação em 2003, trazido a valor presente para janeiro de 2021, considerando as taxas do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC).

Tabela 2: Resumo estimativa de custos das propostas de melhoria.

Intervenções	Custo com mão de obra
Reforma hidráulica	R\$ 6.431,22
Troca dos aparelhos condicionadores de ar	R\$ 53.533,00
Irrigação das áreas de grama	R\$ 1.556,50
Registro da certificação LEED	R\$ 200.842,00
Total	R\$ 262.362,72

Fonte: Autores.

5. Discussões

A partir dos resultados desse estudo, é razoável concluir que a certificação LEED possui exigências mais rigorosas e abrange mais critérios para atendimento, com maior foco na sustentabilidade, o que dificulta o acúmulo de bonificações, quando comparada ao RTQ-C, o que vai de encontro ao concluído por Passos (2019). Essa diferença entre as duas metodologias de análise é realçada quando, mesmo após a implantação das melhorias necessárias para a obtenção da etiqueta A na ENCE, a pontuação LEED permanece baixa para o Prédio 12. Tal constatação é esperada, visto que o RTQ-C possui critérios semelhantes apenas aos avaliados na categoria Energia e Atmosfera (EA) do LEED.

Pode-se inferir, ainda, que o foco para a avaliação do RTQ-C prevalece sobre o edifício já implantado e as suas características construtivas, enquanto o LEED possui critérios de avaliação aplicados a todo o ciclo de vida do prédio. Diante disso, muitas oportunidades de melhoria no uso e ocupação do edifício não são percebidas, sob a ótica do PBE Edifica, ocasionando em desperdícios, como o uso excessivo da água nas instalações do prédio.

As melhorias propostas para a obtenção do nível Certificado acrescentaram em cerca de 2,54% no valor total da construção do Prédio 12 (sem considerar as taxas de registro de certificação LEED), valor superior ao achado por Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2021). Porém, tais autores priorizaram os critérios com menor crédito de implantação, enquanto o presente estudo sugeriu melhorias nos critérios com maior oportunidade de ganho. Percebeu-se, ainda, que as adequações para a obtenção do nível mínimo de certificação LEED não são necessariamente dispendiosas, podendo abranger melhorias qualitativas nas rotinas de uso, ocupação e manutenção do edifício. Contudo, devido ao alto preço para registro da certificação, seria mais vantajoso que as propostas de melhoria também abrangessem o atendimento dos pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura e contribuição de luz natural, conforme proposto por Silva e Freitas (2016), para que o alto valor da reforma se justificassem pela obtenção da classe A de eficiência energética na ENCE, atualmente obrigatória para prédios federais.

6. Considerações Finais

Neste trabalho, comparou-se os critérios exigidos em dois sistemas de avaliação de edifícios, RTQ-C e LEED, por meio de um estudo aplicado à uma edificação pública de ensino. A pesquisa foi desenvolvida mediante a análise do estudo de caracterização de eficiência energética do Prédio 12 do CEFET-MG, desenvolvido por Sá e Oliveira (2019), e posterior aplicação do *scorecard* estabelecido pela certificação LEED O+M v4: *Schools*, considerando três situações: (1) o edifício em seu estado atual; (2) a implementação das medidas de eficiência energética propostas por Sá e Oliveira (2019); e (3) considerando novas melhorias para a obtenção do nível Certificado pelo LEED. Realizou-se, também, uma estimativa de custos para adaptação e certificação mínima do Prédio 12 pelo LEED.

Constatou-se que, mesmo que o Prédio 12 obtenha a classificação máxima pelo RTQ-C, não é possível atingir a pontuação necessária para o menor dos níveis estabelecidos pelo LEED v4. Diante disso, verificou-se várias oportunidades de melhoria da sustentabilidade, principalmente no consumo hídrico do edifício. Assim, o incremento no custo de construção do edifício pelas intervenções sugeridas foi estimado em 2,54%, podendo chegar em até 10,8%, devido às taxas de registro de certificação. Por fim, já que o nível de eficiência energética do Prédio 12 não foi satisfatório, mesmo quando submetido aos critérios do LEED, é inevitável que haja a necessidade de investir em seu *retrofit*.

Portanto, com a indicação dessas intervenções, espera-se que os gestores as considerem na tomada de decisão acerca de atualizações edilícias, buscando implementá-las e, futuramente, atestar seus benefícios por meio de certificação. Para que isso seja possível, torna-se necessário a realização de estudos da viabilidade econômica dos investimentos no *retrofit*, bem como uma abordagem mais aprofundada do custo-benefício de cada uma das categorias definidas pelo LEED. Por fim, sugere-se que a classificação energética do Prédio 12 seja reavaliada em seu estado atual e possíveis propostas de melhoria, considerando vigência da INI-C/2021, visando à etiqueta A na ENCE.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFETMG) pelo auxílio técnico prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- BRASIL; INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; ELETROBRAS. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Rio de Janeiro, 2014.
- ELKHAPERY, B.; KIANMEHR, P.; DOCZY, R. *Benefits of retrofitting school buildings in accordance to LEED v4*. **Journal of Building Engineering**, v. 33, p. 101798, 2021.
- GBCB - GREEN BUILDING COUCIL BRASIL. **Anuário 2020**. Certificações LEED, GBC Brasil Casa & Condomínio e GBC Zero Energy. São Paulo: J.J.Carol, 2020.

LIMA, R. S.; RIOS, M. S. S. Análise comparativa entre a certificação fator verde de Fortaleza-CE e demais certificações ambientais. **Revista Tecnologia**, v. 40, n. 2, 2019

MACNAUGHTON, P. *et al.* *The impact of working in a green certified building on cognitive function and health.* **Building and Environment**, v.114, p.178-186, 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios.** v.1. Brasília. 2015.

PASSOS, L. S. **A sustentabilidade segundo as certificações do sistema LEED: edifícios corporativos em São Paulo (2007-2017).** 2019. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.

PBE EDIFICA. **Edificações Etiquetadas.** 2021. Disponível em: <https://www.pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas>. Acesso em: 12 mar. 2022.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados PROCEL 2021.** Ano base 2020. Rio de Janeiro, 2021.

SÁ, E. M. H. de; OLIVEIRA, R. D. Análise de medidas aplicáveis à edificação pública escolar para obtenção da classificação A na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2159-2168.

SANGOI, J.; RAMOS, G.; LAMBERTS, R. Análise das medições de absorvância através do Espectrômetro alta II. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2010. p. 1-9.

SILVA, R. C. da; FREITAS, L. de S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: Estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. **Interações**, Campo Grande, v. 17, n. 4, p. 767-780, 2016.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (Washington). **LEED certification for existing buildings and spaces.** 2021. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings>. Acesso em: 10 fev. 2022.

USGBC (Washington). **LEED v4 for Building Operations and Maintenance Checklist - Portuguese.** LEED version: v4. 2014a. Disponível em: <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-operations-and-maintenance-checklist-portuguese>. Acesso em: 06 fev. 2022.

USGBC (Washington). **LEED v4 para Operação e Manutenção de Edifícios (LEED v4 for Building Operations and Maintenance).** Outubro, 2014b. 125p.

USGBC (Washington). **Reference guide for building operations and maintenance. LEED v4 Edition.** 2019. 586 p.

VIEIRA, J. C. *et al.* Estudo de classificação da eficiência energética do prédio 20 do CEFET-MG. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2333-2342.

VILHENA, J. M. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 2, n. 1, p. 59-78, 2007.