Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

Cadernos de Arquitetura e Urbanismo | **Paranoá 30**
Jan/Jun 2021

Retrofit energético e percepção do usuário: estudo de caso em um complexo corporativo em Belém-PA

Energy retrofit and user perception: case study in a corporate complex in Belém-PA

Retrofit energético y percepción del usuario: estudio de caso en un complejo empresarial en Belém-PA

PINHEIRO, Amanda Moura[1]
ROMÉRO, Marcelo de Andrade[2]

[1]Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil
ap.arquiteturas@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-1215-4712

[2]Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
marcelo_romero@icloud.com
ORCID ID: 0000-0003-4573-6794

Recebido em 22/10/2020 Aceito em 26/03/2021

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

Resumo

A forma de projetar edifícios passou por profundas mudanças no século XX. Com as construções atingindo alturas cada vez maiores, os sistemas artificiais de climatização se tornaram essenciais para garantir conforto aos ambientes, prática que conduziu a um aumento expressivo no consumo de energia elétrica. Visto que essa demanda apresenta perspectivas de continuar crescendo, torna-se mandatória a busca por eficiência energética na construção civil. As edificações existentes são parte dessa busca e devem passar pela reabilitação para alcançar os novos padrões de qualidade. Assim, o estudo de caso avaliou o potencial de economia de energia em um complexo edificado localizado em Belém-PA, a fim de aplicar conceitos de *retrofit* energético. A pesquisa utilizou a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação para entender o comportamento dos usuários e sua adaptabilidade a condições ambientais diferentes das atuais. Em seguida, foram elaboradas Estratégias de Conservação de Energia, a serem submetidas a cálculos de economia proporcionada e de *payback*. Com base nessas etapas, obteve-se uma redução projetada de 14% no consumo mensal de energia do complexo, com um payback de 2,22 meses.

Palavras-Chave: *Retrofit*, Avaliação Pós-Ocupação, Eficiência energética, Conservação de energia, Reabilitação de edifícios.

Abstract

Designing buildings has faced dramatic changes during the 20th century. As buildings reached greater heights, Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems became essential to assure comfortable indoor environments. This practice led to a significant increase in energy consumption. As researches show this demand will keep growing, the pursuit for energy efficiency strategies is now mandatory in construction. Existing buildings are a substantial part of this quest for better performance in energy, thus, they must meet the new quality standards through rehabilitation. Thereby, the study assessed the energy saving potential in a corporate built complex in Belém-PA, in order to apply retrofit concepts. The study used the Post-Occupancy Evaluation methodology to understand users' behavior and their adaptability to different environmental conditions. Following, Energy Conservation Opportunities (ECOs) were proposed, whose savings and payback were calculated. 14% of projected savings were provided on monthly energy consumption, with a payback of 2.22 months.

Key-Words: *Retrofit, Post-Occupancy Evaluation, Energy efficiency, Energy Conservation, Buildings' rehabilitation.*

Resumen

La forma de diseñar edificios ha sufrido profundos cambios en el siglo XX. Con los edificios alcanzando alturas cada vez mayores, los sistemas de climatización artificial se han convertido en imprescindibles para garantizar el confort de los ambientes, práctica que llevó a un aumento significativo del consumo de energía eléctrica. Dado que la demanda presenta perspectivas de seguir creciendo, la búsqueda de la eficiencia energética en la construcción civil es obligatoria. Los edificios existentes son una parte sustancial de esta búsqueda y deben ser rehabilitados para alcanzar los nuevos estándares de calidad. Así, el estudio de caso evaluó el potencial de ahorro energético en un complejo construido en Belém-PA, para aplicar conceptos de retrofit energético. La investigación se basó en la metodología de la Evaluación Post Ocupacional, para analizar el comportamiento de los usuarios y su adaptabilidad a condiciones ambientales diferentes a las actuales. Luego, se desarrollaron Estrategias de Conservación de Energía, para ser sometidas a cálculos de ahorro proporcional y payback. Con estos pasos, se logró una reducción proyectada del 14% en el consumo de energía mensual del complejo, con un payback de 2.22 meses.

Palabras clave: *Retrofit, Evaluación Post Ocupacional, Eficiencia energética, Conservación de energía, Rehabilitación de edificios.*

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

1. Introdução

A maneira de projetar edifícios passou por profundas mudanças durante o século XX (KEELER e VAIDYA, 2018). À medida que as tecnologias construtivas permitiram que as paredes externas perdessem a função estrutural, os edifícios alcançaram gabaritos mais altos e plantas mais complexas. Assim, técnicas passivas de condicionamento se tornaram insuficientes para garantir as condições ambientais desejadas (FEIJÓ e ROMÉRO, 2009). Com isso, os sistemas de climatização artificial evoluíram e se popularizaram, adquirindo *status* de prestígio e modernidade (GONÇALVES e MARCONDES-CAVALERI, 2015). Assim, as variações climáticas naturais foram substituídas por temperatura, umidade do ar e iluminação controladas em ambientes internos. Na tentativa de sustentar essas condições, o uso dos sistemas artificiais causou um aumento expressivo no consumo energético (KEELER e VAIDYA, 2018).

O sistema hidrelétrico produz mais de 60% da eletricidade no Brasil (BRASIL, 2018). Apesar de a água ser considerada uma fonte limpa e renovável, as mudanças climáticas em curso podem causar o colapso de um sistema muito dependente de usinas hidrelétricas (FERNANDES e HADDAD, 2019; BRASIL, 2018). Por sua vez, a construção e a operação de edifícios representam metade da demanda total por energia elétrica (FERNANDES, 2015; LAMBERTS *et al.* 2014). Observando que o estoque de edificações continua crescendo, pesquisas demonstram que o consumo energético também se elevará nas próximas décadas (BRASIL, 2018). Devido à impossibilidade de suprimento infinito dessa demanda, o uso de tecnologias de alto desempenho deve guiar a construção civil, a fim de melhorar o comportamento dos edifícios e promover o consumo racional dos recursos (KEELER e VAIDYA, 2018).

Devido à comodidade da climatização artificial, as soluções arquitetônicas de condicionamento passivo caíram em desuso em grande parte dos novos projetos (GONÇALVES e MARCONDES-CAVALERI, 2015; KEELER e VAIDYA, 2018; GÓES, 2018). Os edifícios preexistentes e históricos, por sua vez, sofreram adaptações que valorizaram as condições ambientais constantes proporcionadas pelas soluções ativas. Essas adaptações comumente desconsideraram técnicas de conservação do patrimônio arquitetônico e a capacidade das instalações elétricas originais, sob o risco de causar, por exemplo, sobrecargas de circuito (BARRIENTOS, 2004; JAPIASSÚ, 2019).

O *retrofit* — termo oriundo de "*retro*" do latim e "*fit*" do inglês — se refere, no campo da arquitetura, à atualização tecnológica de sistemas prediais (BARRIENTOS, 2004). Uma vez que não necessariamente implica em descaracterização estética e formal das edificações, entende-se que o *retrofit* se difere de reformas convencionais. De fato, as ações de *retrofit* podem ressaltar o valor histórico dos edifícios, prolongar sua vida útil e cumprir exigências atuais de qualidade ambiental (BARRIENTOS, 2004; JAPIASSÚ, 2019). Para tal, são feitas apenas modificações que contribuam para obtenção de melhores resultados em termos de eficiência (ROMÉRO, 2020).

Em Belém, as discussões sobre *retrofit* ainda estão em fase inicial. Visualizando essa lacuna, este estudo tem por objetivo avaliar o potencial de conservação de energia nos sistemas de condicionamento de ar e iluminação artificial de um complexo corporativo, aplicando a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação (APO) e analisando os usos finais de energia, a fim de elaborar uma proposta de *retrofit* energético que inclua as estratégias mais adequadas aos espaços, às funções desempenhadas e ao comportamento dos usuários.

2. Metodologia de pesquisa

Para realização da pesquisa, foram definidas quatro etapas. A primeira é uma breve discussão sobre a relevância do *retrofit*, da eficiência energética, da Avaliação Pós-Ocupação e da reabilitação de edificações no contexto da sociedade atual e seus papéis nas mudanças de paradigma necessárias na construção civil.

A segunda etapa é a caracterização arquitetônica do conjunto edificado, incluindo as componentes

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

construtivas dos dois edifícios, o entorno imediato e o clima local. Na terceira etapa, foi aplicada a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação, a fim de avaliar as percepções dos usuários dos edifícios quanto ao conforto ambiental, nas componentes térmica e lumínica. A quarta etapa contempla a análise dos usos finais de energia e a elaboração das estratégias para o *retrofit*, sendo composta por:

a. **levantamento de dados cadastrais:** levantamento das características de consumo das edificações, como áreas, população total e padrão de ocupação;

b. **análise de macrodados:** análise de métricas como consumo de energia médio mensal (kWh), *per capita*, por unidade de área (m²) e consumo sazonal;

c. **proposição de Estratégias de Conservação de Energia:** elaboração de propostas de intervenção voltadas à redução de consumo energético;

d. **cálculo de consumo energético projetado:** cálculo dos novos consumos obtidos por meio das intervenções; e

e. **cálculo do *payback*:** cálculo do tempo de retorno do investimento, incluindo discussão sobre resultados e demais ganhos.

3. A relevância do *retrofit* na reabilitação de edificações

No começo da década de 2000, 50% da população mundial já vivia em cidades (GONÇALVES e BAKER, 2015), o que evidencia a discussão sobre a participação do estoque existente de edificações no tecido urbano, na sociedade e no meio ambiente. Vattenfall (2007, *apud* GONÇALVES e BAKER, 2015) estimou que 53% do estoque residencial que estará disponível em 2030 será composto por novas construções, enquanto os demais 47% serão edifícios já em uso. Barrientos (2004) afirma que as inovações que objetivam novos paradigmas quanto ao uso de energia e à qualidade do ambiente têm sido aplicadas amplamente às novas edificações, desde as fases de projeto. No entanto, não é possível o simples descarte ou exclusão das preexistências desse processo adaptativo (BARRIENTOS, 2004; GONÇALVES e BAKER, 2015).

Grande parte do parque edificado brasileiro é contemporânea ao processo de urbanização do país, em meados do século XX (BARRIENTOS, 2004). No entanto, existe uma parcela considerável de outras edificações integradas no meio urbano, com ou sem caráter histórico. Embora a preocupação para com a preservação do conjunto patrimonial arquitetônico brasileiro não seja tão recente, a reabilitação de construções e sua reincorporação à paisagem urbana por meio do *retrofit* é uma atividade ainda em consolidação (BARRIENTOS, 2004; GASPARY, 2012).

Gaspary (2012) ressalta que, apesar da pouca tolerância às marcas do tempo na estética contemporânea, a reabilitação de edifícios é parte fundamental nas ações de desenvolvimento sustentável em meio urbano. Dentre os principais benefícios, pode-se destacar o prolongamento da vida útil das edificações, o aproveitamento da infraestrutura urbana, a redução do impacto causado por novas construções, o incentivo à preservação do patrimônio, a diminuição dos custos de operação e a redução na geração de resíduos (BARRIENTOS, 2004; CROITOR e MELHADO, 2009; MORAES e QUELHAS, 2011; GASPARY, 2012).

Norat (2007) defende que o uso residencial é um dos maiores aliados para recuperar edifícios históricos. Contudo, para Gaspary e Lopes (2010), tecnologias e conceitos de desempenho energético podem ser combinados a práticas de reabilitação e restauração, independentemente do uso final da edificação. Portanto, quaisquer edifícios, com ou sem valor histórico, podem se beneficiar do *retrofit* (BARRIENTOS, 2004; SCHREIBER, 2017; JAPIASSÚ, 2019), especialmente os localizados em tecidos urbanos com infraestrutura consolidada no entorno.

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

Quanto à classificação do *retrofit*, Cóias (2007) sugere duas linhas: uma voltada à preservação e restauração do patrimônio histórico e a outra para os prédios nos quais inexista o compromisso de conservação. Uma segunda distinção, quanto à economia de energia proporcionada, foi elaborada por Bloom e Wheelock (2010) e classifica o *retrofit* em "*deep*" — profundo, com pelo menos 60% de redução no consumo — e "*typical*" — típico, com economia entre 20 e 25%. Já Barrientos (2004) classifica o *retrofit* de acordo com as necessidades diagnosticadas: o nível rápido compreende reparos simples; no médio, as intervenções têm abrangência mediana; e no nível profundo ocorrem transformações completas em um ou mais sistemas. Barrientos (2004) define ainda o *retrofit* excepcional, a ser praticado a edifícios históricos ou áreas protegidas. Independentemente das classificações, os autores destacam que cada *retrofit* é único e requer o atendimento de necessidades específicas a cada caso.

Uma unanimidade se destaca dentre os vários estudos: não há necessidade de abolir totalmente as soluções ativas (BARRIENTOS, 2004; BODE e HERNANDEZ, 2015; SCHREIBER, 2017). Bode e Hernandez (2015) defendem que o uso de mostra plenamente eficiente em climas quentes e úmidos, tanto quanto em quaisquer outros climas. Entretanto, ressalta-se que as soluções ativas sejam empregadas apenas depois de esgotadas as passivas (BARRIENTOS, 2004; SCHREIBER, 2017).

O *retrofit* é, então, uma ferramenta considerada confiável, que busca a atualização tecnológica e evita a obsolescência dos sistemas prediais, abrangendo aspectos históricos, econômicos e ecológicos (MORAES e QUELHAS, 2011). Acredita-se, portanto, que a reabilitação e a restauração arquitetônicas por meio do *retrofit* continuarão a crescer como uma forma de adequar edifícios aos padrões atuais de qualidade (MORAES e QUELHAS, 2011; JAPIASSÚ, 2019).

4. Clima, espaços e a percepção do usuário

Este estudo tem Belém-PA como contexto climático, cidade localizada na região Norte do Brasil, dentro da Zona Bioclimática 8 (ZB 8), conforme definições da NBR 15.220-3 (ABNT, 2003). As principais características da ZB 8 são: baixa amplitude térmica ao longo do dia, temperaturas elevadas o ano todo, grande volume de precipitações pluviométricas e alta umidade relativa do ar. Devido a essas condicionantes, é uma região na qual os sistemas de climatização artificial são considerados quase indispensáveis para promover conforto térmico (LAMBERTS et al., 2014).

Mesmo com essas variáveis, sabe-se que uma arquitetura que valorize sombreamento e ventilação natural guarda grande potencial para redução no consumo de energia, pois permite o uso moderado de soluções ativas ou até sua eliminação (GONÇALVES e MARCONDES-CAVALERI, 2015; ROMERO, 2019). Entretanto, os autores ressaltam que esses potenciais estão estreitamente ligados ao comportamento dos usuários, sobretudo à disposição para se adaptar, ou não, a variações climáticas.

Para Gonçalves e Baker (2015), junto com a envoltória e as instalações prediais, o usuário é considerado como um sistema da edificação. Sob essa premissa, diversos autores (BODE e HERNANDEZ, 2015; ONO et al., 2018; ROMÉRO, 2020) defendem que é elementar da Avaliação Pós-Ocupação (APO) a valorização das percepções do usuário sobre o espaço no qual está inserido. Isso porque seu comportamento influi sobre o meio construído, causando divergências, maiores ou menores, entre o desempenho projetado e o verificado em medições reais (ROMÉRO, 2020).

Portanto, o enfoque da metodologia de APO deste estudo é na vertente comportamental, uma vez que busca analisar o nível de satisfação e a percepção dos usuários em relação a seus ambientes de trabalho. Os principais critérios são temperatura, iluminação e interação com os espaços, assim como disposição para adaptação a condições ambientais diferentes das atuais. O *feedback* será incorporado às propostas de intervenção nos sistemas de condicionamento e iluminação.

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

5. Caracterização arquitetônica dos edifícios

O complexo edificado analisado é composto por uma edificação histórica (1883) e um edifício recente, construído há 20 anos. O edifício 1 (histórico) foi tombado em 1985 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), pela Secretaria de Estado de Cultura (SECULT) em 1990 e, em 1994, a Fundação Cultural do Município de Belém (FUMBEL) procedeu ao tombamento da poligonal do entorno. Ao longo do tempo, foi sede de diversas instituições, que fizeram sucessivas alterações em seu espaço interno. É constituído por um subsolo e dois pavimentos principais. Nos anos 1970, foi construído um mezanino que acompanha toda a porção posterior do pavimento térreo. No entanto, esse acréscimo não descaracterizou os traços externos originais. Nos anos 1990, proteções solares foram instaladas na varanda do pavimento superior. Por ser uma edificação do século XIX, o pé direito original ultrapassa 4,00m, mas a maioria das salas apresenta forros rebaixados. Em 2000, foi concluída a construção do edifício 2 (recente). Depois de concluído, o edifício 2 teve sua estrutura original modificada: dessa maneira, parte do pavimento térreo, originalmente em pilotis, foi totalmente vedada. As janelas têm esquadria de alumínio com vidro peliculado e as paredes são compostas por alvenaria convencional.

Os aspectos comuns às duas edificações são as fachadas principais a norte e leste, com aberturas distribuídas em todas as orientações; possuem um elevador e uma sala de servidor de rede cada; ambos exploram soluções ativas de climatização e iluminação e contam com diversos equipamentos de escritório e auxiliares; por fim, os edifícios têm função corporativa, uma vez que sediam empresas da Administração Pública Municipal de Belém. A Tabela 1 resume as características dos edifícios[1].

Tabela 1: Caracterização dos edifícios 1 e 2.

ENVOLTÓRIA	
EDIFÍCIO 1	**EDIFÍCIO 2**
• Arquitetura histórica tombada; • Paredes internas e externas espessas (padrão construtivo do séc. XIX); • Distribuição de janelas padronizada em todas as fachadas; • Janelas de abrir (2 folhas móveis); • Caixilhos de madeira com vidro simples; • Ausência de proteções solares.	• Estrutura em alvenaria convencional; • Janelas *maxim-air,* com caixilhos em alumínio e vidro com película; • Fachadas sul e oeste apenas com janelas em bandeira; • Distribuição de janelas isoladas e em fitas verticais (com meia parede); • Ausência de proteções solares.
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	
EDIFÍCIO 1	**EDIFÍCIO 2**
• Luminárias com aletas espelhadas; • 2 ou 4 lâmpadas do tipo T10 fluorescentes 40W, 1200mm, 67 lm/W; • Algumas luminárias já com tubo LEDs; • Ausência de circuito independente para as lâmpadas mais próximas às janelas; • Circulações e espaços de apoio com tubulares fluorescentes T10 ou LED (18W ou 20W); • Ausência de sensores de presença nos ambientes.	• Luminárias com aletas espelhadas; • 2 lâmpadas T10 fluorescentes 40W, 1200mm, 67 lm/W; • Algumas luminárias já com tubo LEDs; • Ausência de circuito independente para as lâmpadas mais próximas às janelas; • Circulações e espaços de apoio com tubulares fluorescentes T10 ou LED (18 ou 20W), ou LED bulbo (9W); • Banheiros e escadas com sensor de presença e lâmpadas LED bulbo (9W).
CONDICIONAMENTO DE AR	
EDIFÍCIO 1	**EDIFÍCIO 2**
• Sistema de condicionamento de ar composto por *splits hi-wall*; • Unidades condensadoras promovem interferência às fachadas históricas.	• Sistema de condicionamento de ar composto por *splits hi-wall*; • Unidades condensadoras instaladas sem interferência estética nas fachadas.

[1] A autorização para elaboração deste estudo ficou condicionada à não identificação dos edifícios e das empresas sediadas. Assim, não serão apresentados endereço, fotos e/ou desenhos técnicos para sua caracterização.

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

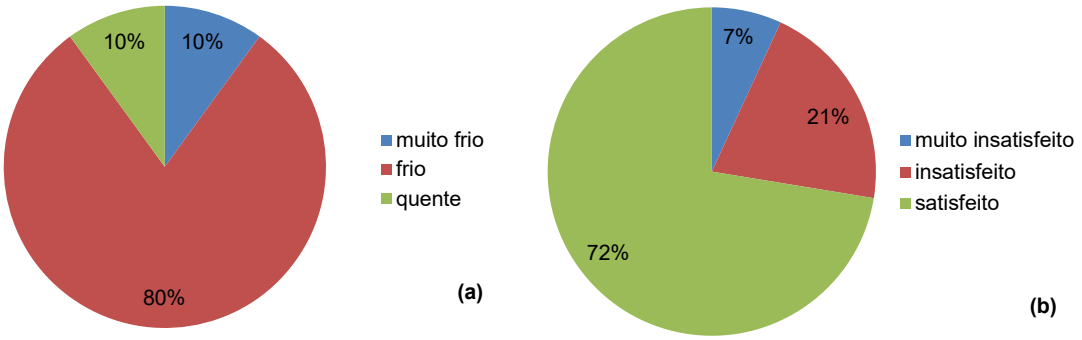
6. Avaliação Pós-Ocupação: resultados e discussão

Os principais critérios considerados na Avaliação Pós-Ocupação são as componentes térmica e lumínica do conforto ambiental, responsáveis por grande parte do consumo energético em edificações não residenciais. A metodologia de APO deste estudo de caso visa, então, compreender as percepções pessoais dos funcionários com seus ambientes de trabalho, especialmente em relação aos sistemas de iluminação artificial e condicionamento de ar.

A primeira parte da Avaliação Pós-Ocupação foi feita por um questionário *online*, elaborado na plataforma *Google Forms*. O questionário foi encaminhado aos usuários por meio de aplicativo de mensagens e *e-mails*, contendo perguntas sobre percepções de temperatura, luminosidade e características físicas dos espaços. As perguntas englobam, ainda, aspectos comportamentais, para obter uma indicação de como os usuários interagem com os ambientes. Outro ângulo interessante à pesquisa foi avaliado sob a forma de proposições sobre quais seriam as condições — térmicas e lumínicas — desejadas pelos usuários aos ambientes, bem como para avaliar sua adaptabilidade a condições menos dependentes de climatização artificial. Ao todo, o questionário recebeu 30 respostas, dentro de uma população de 300 usuários considerada razoavelmente homogênea.

A primeira parte do questionário se refere à climatização. Na Figura 1, observa-se que a maioria dos respondentes (80%) relatou o funcionamento adequado do ar condicionado e 72% se mostraram satisfeitos com as temperaturas. As insatisfações (29%) são decorrentes de defeito nas máquinas ou pouco domínio no controle da temperatura, o que causa sensação excessiva de frio ou de calor.

Figura 1: Percepção da temperatura ambiente (a) e nível de satisfação (b).



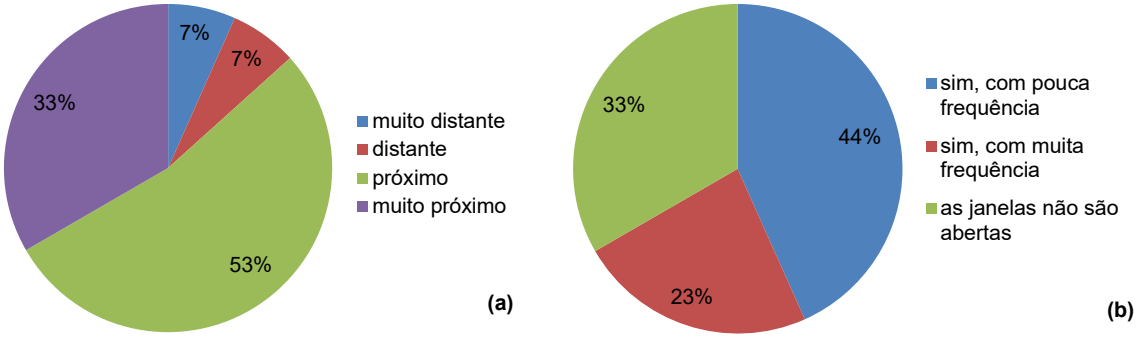
Em seguida, a APO avalia o acesso a janelas. Devido à arquitetura dos edifícios 1 e 2, a maioria das salas (90%) possui pelo menos uma janela, predominando a quantidade de 3 por ambiente (53,3%), contra 10% de espaços sem nenhuma janela e alguns ambientes com 4 ou mais aberturas. 86,7% dessas aberturas, segundo os respondentes, permitem visão para o meio externo. A causa dessa diferença entre aberturas e visão do meio externo é por algumas salas no edifício 2 possuírem apenas janelas em bandeira, além do caso do mezanino no edifício 1: o pavimento intermediário divide a altura das janelas originais em duas partes. Assim, o mezanino fica apenas com o topo da janela, em arco, logo acima do piso, e o restante da abertura atende aos ambientes do pavimento abaixo.

Ainda em decorrência da arquitetura, com ambientes não muito profundos em relação às fachadas, 86% dos usuários declararam que sua estação de trabalho fica próxima ou muito próxima às janelas e 80% recebe iluminação natural. Quanto ao regime de aberturas, 67% dos usuários relatam abrir as janelas com alguma frequência. A Figura 2 apresenta os dados de proximidade e abertura de janelas.

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

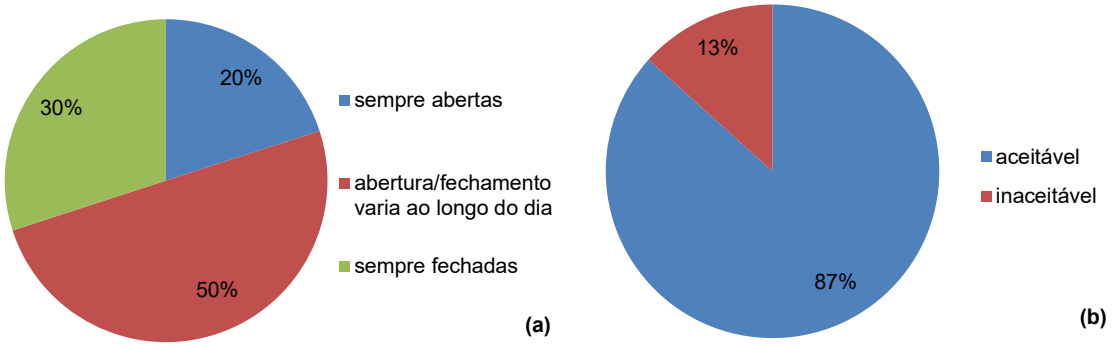
Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

Figura 2: Proximidade às janelas (a) e frequência de abertura (b).



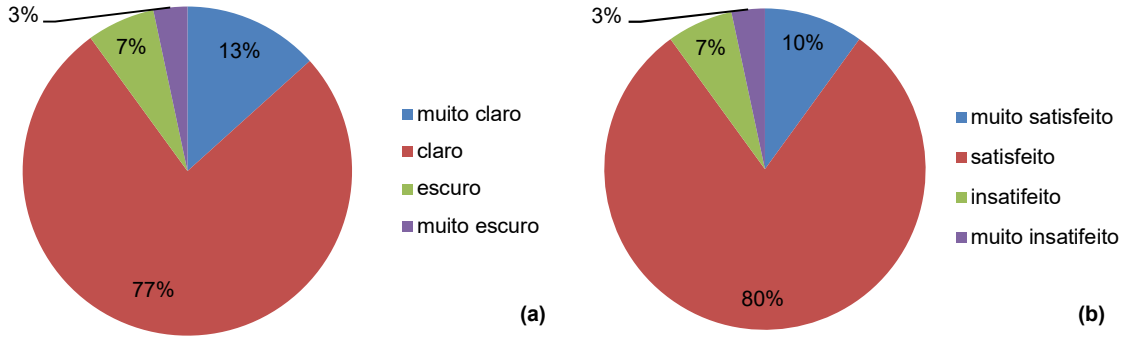
Em virtude da pandemia de Covid-19 no ano de 2020, foi avaliado o cumprimento da abertura das janelas para ventilação natural ao longo do dia. Essa foi uma norma imposta aos ambientes de trabalho que precisaram funcionar durante a quarentena e no retorno às atividades presenciais. Considerando ser uma medida de combate à pandemia, o índice de janelas sempre fechadas (30%) é observado como razoavelmente alto. Outra perspectiva incluída foi a aceitação à abertura de janelas periodicamente, após superada a crise sanitária. Os resultados constam na Figura 3.

Figura 3: Regime de abertura das janelas (a) e aceitabilidade da medida no pós-pandemia (b).



Em relação ao nível luminoso, os respondentes declararam que sua estação de trabalho é clara (77%) ou muito clara (13%) e 80% relatam satisfação com a quantidade de luz, conforme a Figura 4.

Figura 4: Percepção sobre o nível de luz nas salas (a) e grau de satisfação com a luminosidade (b).



Quanto à iluminação nos espaços de apoio (banheiros, copas), 60% dos usuários se disseram satisfeitos com o nível luminoso, 33,3% insatisfeitos e 6,7% muito insatisfeitos. 56,7% declararam que o nível luminoso desses ambientes deve ser mantido e 43,3% gostariam que fosse mais claro. Por esses índices, interpreta-se que, ainda que satisfeitos com a iluminação, os usuários entendem que existe possibilidade de melhorias. No tocante às circulações, 46,6% se declararam insatisfeitos ou muito insatisfeitos, contra 53,3% de satisfeitos e houve maioria (60%) declarando que as circulações deveriam ser mais claras. Ambos os ajustes podem ser resolvidos pela substituição das lâmpadas por modelos de maior rendimento luminoso, como as LEDs.

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

Por meio dos resultados obtidos, admite-se que há um nível promissor de aceitação a variações térmicas naturais, conforme observado na Figura 3 (b). Esse dado abre espaço para mudanças comportamentais, principalmente voltados à flexibilização do uso de ar condicionado. Já a iluminação, apesar dos altos níveis de satisfação, deve ser melhorada, a fim de promover melhor qualidade visual, evitar ofuscamentos e desconfortos visuais. Interpreta-se que as respostas insatisfeitas ou muito insatisfeitas quanto à iluminação são referentes a ambientes com poucas janelas, ao funcionamento e à distribuição inadequados de luminárias e à subjetividade das necessidades dos usuários.

Inicialmente, o objetivo da Avaliação Pós-Ocupação era obter, ao menos, 75 respostas dentro do universo de 300 usuários. Porém, as condições impostas pela crise sanitária — de isolamento, que interrompeu a rotina de trabalho presencial — causaram perdas na divulgação e no engajamento ao questionário. Não obstante, os resultados obtidos na APO foram incluídos pela importância das indicações comportamentais dadas pelas percepções de 30 respondentes[2].

A segunda parte da APO foi o *walkthrough* — instrumento prático e rápido de coleta de dados, que envolve a observação exploratória dos ambientes, para identificar e registrar aspectos relevantes à análise (ONO *et al.*, 2018). O procedimento foi realizado nos dias 17 e 18 de junho de 2020, a fim de mapear a distribuição das luminárias nos edifícios 1 e 2. O tratamento dos dados coletados consta no item 7.2.

7. Proposta de *retrofit* energético

As etapas a seguir analisam os usos finais de energia nos edifícios, a fim de elaborar as diretrizes de retrofit energético.

7.1. Levantamento de dados cadastrais

O levantamento dos dados cadastrais sintetiza as características de consumo do complexo, tais como áreas, padrão de ocupação e população. As áreas totais foram calculadas com base em plantas técnicas, considerando todos os pavimentos de cada edifício. Com relação às áreas úteis, foram contabilizadas apenas as áreas internas aos ambientes, descontando-se os trechos ocupados por paredes e divisórias.

Pela função corporativa, a ocupação do complexo é diurna, durante cinco dias da semana. Os espaços de apoio (copas, refeitórios, depósitos, vestiários) e as circulações são ocupados de forma flutuante ao longo do dia. A Tabela 2 resume os dados levantados.

Tabela 2: Dados de consumo das edificações.

Área construída total edifício 1 (m²)	1.513,92
Área construída total edifício 2 (m²)	1.586,40
Área construída total (m²)	3.100,32
Área útil do complexo (m²)	2.780,44
Número de pavimentos	3 (edifício 1) e 4 (edifício 2)
Número de usuários	300
Horas de ocupação (h/dia)	11 (das 7 às 18h)

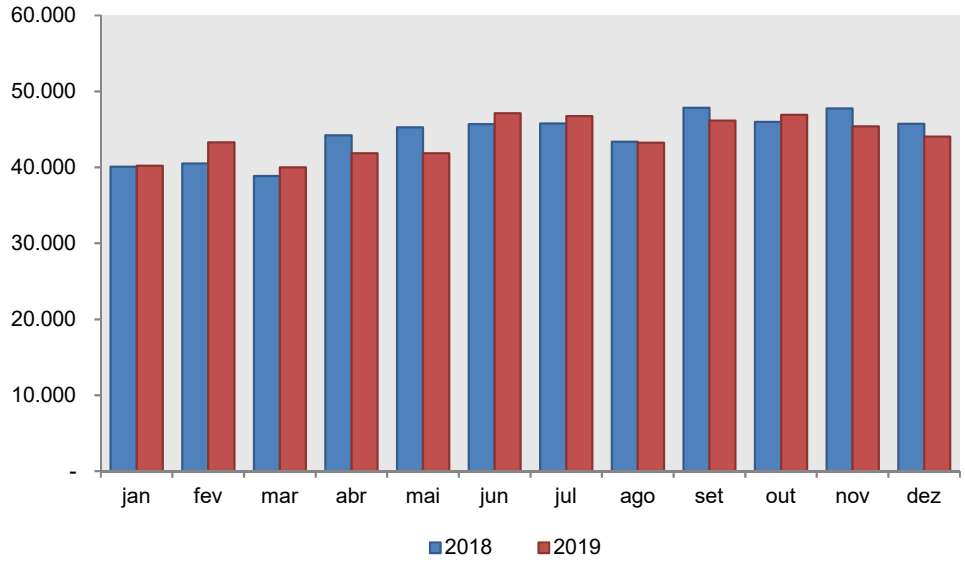
7.2. Análise de macrodados

A medição de energia dos dois edifícios é integrada em uma única unidade consumidora. Por meio do histórico de consumo levantado, referente aos anos de 2018 e 2019, foram extraídos os macrodados de análise presentes na Tabela 3. A Figura 5 apresenta o histórico de consumo energético, nos anos de 2018 e 2019, e a Tabela 4 sintetiza o consumo sazonal.

Figura 5: Histórico de consumo energético do complexo (kWh).

[2] O modelo de questionário elaborado e aplicado exclusivamente a esta pesquisa pode ser obtido em: <https://drive.google.com/file/d/1VJEsaNyWCF7Ip9tYmlHTYQHbD3svrtWy/view?usp=sharing>, acesso em 16 out. 2020, ou por contato via e-mail com: ap.arquiteturas@gmail.com.

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.



Fonte: Equatorial Energia Pará (2020).

Tabela 3: Macrodados de consumo dos edifícios.

Consumo médio mensal (kWh)	44.091
Consumo médio por área útil (kWh/m²)	15,86
Consumo médio (kWh) *per capita*	146,97

Tabela 4: Consumo energético sazonal.

Meses	Grupos	Consumo médio por grupo
Jan/fev/mar/abr	G1 - Inverno Amazônico	41.137
Mai/jun/jul/ago	G2 - Verão Amazônico	44.897
Set/out/nov/dez	G3 - Meia estação	46.238

Durante o *walkthrough* foi observado que não há divisão dos circuitos por uso final de energia. Dessa maneira, considerou-se que, de acordo com as definições do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços (RTQ-C) (INMETRO, 2010), o sistema de ar condicionado é responsável por cerca de 40% do total de energia consumida em edifícios corporativos. Assim, estima-se que o consumo referente à climatização artificial seja de 17.636 kWh/mês.

Ainda por meio do *walkthrough,* foram levantados oito tipos de lâmpadas utilizadas nos edifícios, conforme disposto na Tabela 5. Já se observa uso considerável de lâmpadas tubo LED, o que reduz a parcela percentual da iluminação no consumo mensal. Admitindo o regime de utilização de 11 h/dia e os fatores de potência de lâmpadas de 0,85 para as fluorescentes e 0,7 para as LEDs (ROMÉRO, 2020), foi calculado o total de 7.498 kWh/mês voltados à iluminação artificial — 17% do total.

Tabela 5: Tipos de luminárias e lâmpadas utilizadas nos edifícios e cálculo de potência instalada.

Tipo de luminária	Qtde. total lâmpadas	Potência por lâmpada (W)	Potência instalada (W)
2 lâmpadas T10 40W + 20W reator	304	40	15.280
4 lâmpadas T10 40W + 40W reator	136	40	6.800
2 lâmpadas LED tubo 1200mm 18W	77	18	1.386
2 lâmpadas LED tubo 1200mm 20W	142	20	2.840
4 lâmpadas LED tubo 1200mm 18W	20	18	360
2 lâmpadas LED tubo 600mm 10W	33	10	330
Refletores LED 50W	11	50	550
LED bulbo 9W	20	9	180
		TOTAL (W)	**27.726**
		Consumo total da iluminação (kWh/mês)	**7.498**

Os 43% restantes (18.957 kWh/mês) compreendem a influência das características de envoltória e o

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

funcionamento de equipamentos cuja análise não faz parte do escopo deste estudo, como elevadores, computadores, periféricos, eletrodomésticos e duas salas de servidor de rede — estas permanecendo em funcionamento ininterrupto. A Tabela 6 sintetiza os valores em kWh e a participação percentual de cada sistema no consumo energético mensal.

Tabela 6: Dados de consumo por uso final de energia.

Uso final	Percentual	Consumo (kWh/mês)
Iluminação artificial	17%	7.498
Condicionamento de ar	40%	17.636
Equipamentos diversos	43%	18.957

7.3. Proposição de Estratégias de Conservação de Energia

A partir dos dados levantados, optou-se por uma Estratégia de Conservação de Energia (ECO, do inglês *Energy Conservation Opportunity*) (ROMÉRO, 2020) técnica para o sistema de iluminação, por meio da substituição de parte das lâmpadas em uso por modelos mais eficientes, e uma ECO comportamental para o condicionamento de ar.

Foram utilizadas na proposta as mesmas lâmpadas LED tubulares (18W) já encontradas em substituição às fluorescentes (40W). Entendeu-se que, assim, as instituições poderão manter os mesmos fornecedores de material atuais — o que evita obstáculos como pagamento de frete, desperdício por danos no transporte de longa distância, entre outros.

Para potencializar ainda mais a solução, nas luminárias com quatro lâmpadas T10 fluorescentes ou quatro tubo LEDs, foram utilizadas apenas duas tubo LEDs de 18W. Da mesma forma, nos banheiros, as duas lâmpadas T10 foram substituídas por apenas uma tubo LED 18W. Essa redução foi possível devido ao rendimento das LEDs (cerca de 100 lm/W) ser superior ao das T10 fluorescentes (67 lm/W). A Tabela 7 demonstra que solução levou a uma redução de 7.498 para 2.723 kWh/mês, um total de 64% de economia.

Tabela 7: Cálculo de potência instalada e consumo mensal projetados para a iluminação.

Tipo de luminária	Qtde. total lâmpadas	Potência por lâmpada (W)	Potência projetada (W)
2 lâmpadas T10 1200mm 40W	299	18	5.382
2 lâmpadas T10 1200mm 40W	68	18	1.224
2 lâmpadas tubo LED 1200mm 18W	77	18	1.386
2 lâmpadas tubo LED 1200mm 20W	142	18	2.556
2 lâmpadas tubo LED 1200mm 18W	10	18	180
2 lâmpadas tubo LED 600mm 10W	33	10	330
Refletores LED 50W	11	50	550
LED bulbo 9W	20	9	180
		TOTAL (W)	**11.788**
		Consumo total projetado (kWh/mês)	**2.723**

A segunda ECO visa uma mudança comportamental dos usuários no uso rotineiro do ar condicionado, entendida como uma solução mais rápida e de baixo impacto financeiro. Tendo em vista o clima quente e úmido de Belém e as cargas térmicas recebidas pelos 1 e 2, foi calculada a economia de energia pressupondo que o funcionamento diário dos aparelhos seja reduzido em uma hora. A medida seria combinada à abertura de janelas para ventilação natural — uma das principais diretrizes de condicionamento passivo recomendadas para a ZB 8 (NBR 15.220-3, 2003). Essa redução pode ser feita de manhã, ventilando as salas antes de ligar os equipamentos, ou pela tarde, desligando-os uma hora antes do fim do expediente.

A partir do consumo estimado de 17.636 kWh/mês, obteve-se que a redução de 11h para 10h/dia resultaria em um consumo projetado de 16.033 kWh/mês — uma economia de 9%.

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

8. Estratégias de Conservação de Energia: resultados e discussão

A partir das ECOs propostas e do consumo projetado para cada sistema, foi dimensionada a economia de energia total e o *payback* da proposta, conforme apresentado a seguir.

8.1. Cálculo do consumo projetado

A Tabela 8 mostra os efeitos das ECOs em seus respectivos sistemas. Por meio de ponderação, obteve-se redução de 6.378 kWh — uma economia total de **14%**.

Tabela 8: Cálculo de consumo projetado, a partir das Estratégias de Conservação de Energia.

Uso final	Consumo médio atual (kWh)	Consumo projetado (kWh)	Redução (%)
Iluminação	7.498	2.723	64%
Ar condicionado	17.636	16.033	9%
Equipamentos diversos	18.957	18.957	0%
TOTAL	**44.091**	**37.713**	**14%**

Os cálculos demonstraram o impacto positivo das ECOs, confirmando o potencial de redução no consumo de energia percebido inicialmente para o complexo. A proposta de retrofit pode, então, ser classificada como rápida, devido à aplicação de intervenções simples, e excepcional, uma vez que a solução é destinada a dois edifícios, sendo um recente e o outro tombado como patrimônio histórico.

8.2. Cálculo do *payback*

O modelo de lâmpada tubo LED escolhido foi o T8 18W 1200mm 6500K, da fabricante Demape, vendido em pacotes com 25 unidades a R$ 459,99. Com base nessa cotação e considerando que a instalação será feita pela equipe de manutenção interna dos edifícios 1 e 2, o investimento para execução da proposta foi estimado em R$ 9.659,79, conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Custo estimado das medidas de *retrofit.*

Item	Substituição	Qtde. Total	Custo Total
TuboLED T8 18W Demape	Fluorescente T10 40W	509 lâmpadas (21 caixas)	R$ 9.659,79
TuboLED T8 18W Demape	Tubo LED T8 20W		

Para estimar a vantagem financeira, foi aplicada a tarifa de energia (fora ponta) vigente no mês de junho/2020, de R$ 0,68360/kWh (EQUATORIAL ENERGIA PARÁ, 2020). Assim, a diferença entre o valor da tarifa atual e o da projetada é de R$ 4.359,96. Em seguida, pelo método do payback simples (PRADO, SILVA e ROMÉRO, 2018), obteve-se que o investimento na intervenção seria recuperado em cerca de **2 meses**, conforme a Equação 1.

$$\textbf{\textit{Payback}} = \frac{Investimento\ Inicial}{Resultado\ Financeiro\ Atual} = \frac{R\$\ 9.659{,}79}{R\$\ 4.359{,}96} = \textbf{2,22 meses} \qquad (1)$$

A vida útil das lâmpadas LED tubulares é muito superior ao *payback* calculado: de 25.000 a 50.000 horas de uso, em contraste com as 10.000 a 20.000 horas das fluorescentes. Desse modo, a solução foi considerada satisfatória, pois é compensada em curto prazo, uma vez que a necessidade de manutenção é significativamente reduzida com o uso de tubo LEDs e o rendimento luminoso é muito mais elevado.

Além das vantagens financeiras, representadas pelo *payback* reduzido e pelo abatimento no custo da tarifa mensal de energia, a abertura de janelas e portas favorece a ventilação natural e, consequentemente, uma renovação de ar importante para ambientes de escritório. Essa renovação, muito prejudicada pelo amplo uso do condicionamento artificial — que requer janelas fechadas e por *splits hi-wall* não realizarem trocas de ar entre meios interno e externo — é essencial para promover ambientes mais saudáveis. Assim sendo, a solução sugerida para o condicionamento de ar também foi considerada adequada, pois promove melhoria na qualidade do ambiente interno e redução no

2021, © Copyright by Authors. DOI: http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.05

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

consumo de energia, sem incrementos no custo final da proposta.

9. Considerações finais

Nos últimos 50 anos, os projetos de edifícios não residenciais fizeram uso extensivo de sistemas de climatização artificial, prática que intensificou o consumo de energia. Conforme a demanda por energia continua em crescimento, a construção civil e a reabilitação de edifícios devem priorizar a eficiência energética e as mudanças no comportamento dos usuários no uso dos espaços.

O conforto ambiental, em suas componentes térmica e lumínica, foi considerado neste estudo como importante variável da rotina em ambientes de trabalho. Embora não seja causa única e isolada, o mau gerenciamento desses fatores pode trazer prejuízos à satisfação pessoal, à concentração e à saúde dos usuários. Com base nesse contexto, o estudo de caso analisou o potencial de conservação de energia de um complexo corporativo em Belém (PA), considerando o consumo energético atual das edificações e elaborando medidas de *retrofit* para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar, incorporando à avaliação a influência dos usuários. A análise foi compreendida ainda como uma forma de aproximar ao cotidiano os conceitos não apenas de conforto ambiental, como também de desenvolvimento sustentável, conservação de energia e eficiência.

O questionário *online* da Avaliação Pós-Ocupação atingiu uma quantidade de respostas inferior ao previsto. Acredita-se que o baixo engajamento seja decorrente — além do cenário de pandemia de Covid-19 — do fato de ser uma iniciativa pessoal, ou seja, não institucional. A falta desse embasamento formal talvez tenha transmitido ao público-alvo a sensação de não obrigatoriedade de atender à solicitação, assim como certa insegurança em fornecer impressões eventualmente negativas sobre os ambientes. Assim, recomenda-se que a aplicação do questionário seja refeita, caso seja de interesse institucional, para obter respostas mais fidedignas sobre as percepções dos funcionários.

A partir das estratégias propostas, obteve-se uma projeção de 14% de economia no consumo energético mensal, que se compensa em cerca de 2 meses. As Estratégias de Conservação de Energia, então, confirmaram o potencial de economia percebido e foram consideradas satisfatórias devido ao investimento relativamente baixo e ao seu curto tempo de retorno. Vale ressaltar que, com outras soluções destinadas ao *retrofit* da envoltória de cada edifício, economias ainda mais significativas podem ser atingidas. Entretanto, modificações nas fachadas que objetivem favorecer iluminação e ventilação naturais ou modificar outras características de transmissão de calor precisam ser avaliadas com maior exatidão quanto à efetividade e quanto à interferência nos elementos originais do edifício histórico.

Por outro lado, a substituição de componentes e equipamentos não analisados neste estudo também pode contribuir para um resultado positivo. Porém, assim como no caso de intervenções na envoltória, análises com relação a essa parcela do consumo energético devem ser feitas separadamente, incorporando as devidas particularidades de viabilidade técnica e orçamentária.

Apesar disso, ainda que uma futura implantação da proposta demonstre a economia projetada, destaca-se que o uso inadequado de um ou mais sistemas ativos pode impactar a efetividade da solução, alterando o nível de economia ou mesmo o anulando. Dessa maneira, atesta-se que o comportamento do usuário é um dos principais parâmetros do desempenho de qualquer edificação.

Embora o estudo não tenha pretendido esgotar as discussões sobre reabilitação de edificações em cidades com clima quente e úmido, acredita-se que houve contribuição para a temática sobre eficiência energética e *retrofit* de edificações na região Norte do Brasil, tendo em mente as especificidades climáticas e culturais locais. Além disso, o estudo abre margem a novas pesquisas que unam eficiência energética ao *retrofit* visando outros parâmetros. Como possibilidades, enumera-se as modificações na envoltória de edifícios históricos, incorporando critérios de preservação e restauração, a aplicação de

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

estratégias de arquitetura bioclimática em fachadas e as investigações sobre medidas de conservação de energia voltadas a equipamentos diversos.

10. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2003. 23p.

BARRIENTOS, M. I. G. G. ***Retrofit* de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. 189p. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/1652>. Acesso em 07 jan. 2020.

BLOOM, E.; WHEELOCK, C. ***Retrofit industry needs assessment study***. Rocky Mountain Institute. U.S.A., 2010. Disponível em: <https://rmi.org/insight/retrofit-industry-needs-assessment-study/>. Acesso em 20 jun. 2020.

BODE, K.; HERNANDEZ, A. A tecnologia dos sistemas prediais. *In*: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (orgs.) **Edifício ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. pp 103-127.

BRASIL, 2018. **Mudanças climáticas e desdobramentos sobre os estudos de planejamento energético: considerações iniciais.** Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), 2018. 22p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Mudancas%20Climaticas%20e%20Planejamento%20Energetico.pdf>. Acesso em 16 mar. 2020.

CÓIAS, V. **Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável.** Lisboa, 2007. Disponível em: <http://www.gecorpa.pt/Upload/Documentos/Reab_Sustent1.pdf>. Acesso em 28 jan. 2020.

CROITOR, E. P.; MELHADO, S. B. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra.** Boletim técnico – Série BT/PCC, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00529.pdf>. Acesso em 08 jan. 2020.

EQUATORIAL ENERGIA PARÁ. **Valor de tarifas e serviços – demais classes.** Disponível em: <https://pa.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/#demais-classes>. Acesso em 16 jun. 2020.

FEIJÓ, M. A. de S.; ROMÉRO, M. A. Luz natural: uma aliada na iluminação dos ambientes de trabalho. **Revista Lume Arquitetura**, n° 39, 2009, pp 58-64. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed39/ed_39%20PV%20-%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20em%20escrit%C3%B3rio.pdf>. Acesso em 06 jul. 2020.

FERNANDES, L. O. **Procedimento para *retrofit* do desempenho termoenergético de edifícios de ensino através da aplicação de estratégias passivas de condicionamento.** Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, 2015. 193p. Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258063>. Acesso em 07 jan. 2020.

FERNANDES, N. M.; HADDAD, A. N. Análise da teoria *NET Zero Energy Building* aplicada no Brasil. In: SILVA, C. R. M. (org.) **Operations & Production Management.** E-Book. Ponta Grossa/PR: Atena Editora, 2019. pp 79-91. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/03/E-book-Operations-Production-Management.pdf>. Acesso em 28 out. 2019.

GASPARY, F. P. **O *retrofit* sustentável como uma estratégia para a reabilitação consciente do patrimônio cultural arquitetônico.** Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012. 131p. Disponível em:

Licensed under a Creative Commons
Attribution International License.

<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10998>. Acesso em 20 dez. 2019.

GASPARY, F. P.; LOPES; C. J. *Retrofit* na revitalização do patrimônio histórico arquitetônico no Rio Grande do Sul, Brasil – um estudo de casos. In: **III Congresso Nacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios.** Rio de Janeiro: 2010, Anais eletrônicos, 2010.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para *retrofit* em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997. 305p. Disponível em: <http://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Enedir_Ghisi.pdf>. Acesso em 02 jan. 2020.

GÓES, T. M. **Fachadas Duplas: análise do desempenho termoenergético em edifícios comerciais no contexto climático de Brasília – DF.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018. 133p. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/34811>. Acesso em 15 jun. 2020.

GONÇALVES, J. C. S.; BAKER, N. A reabilitação de edifícios. *In*: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (orgs.) **Edifício ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. pp 399-416.

GONÇALVES, J. C. S.; MARCONDES-CAVALERI, M. P. Ventilação natural em edifícios de escritórios: mito ou realidade? *In*: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (orgs.) **Edifício ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. pp 57-80.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços (RTQ-C).** Anexo da portaria INMETRO n° 372/2010. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf>. Acesso em 08 abr. 2020.

JAPIASSÚ, P. **Método para avaliação de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 321p.

KEELER, M. VAIDYA, P. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3ª ed. São Paulo: Eletrobras/Procel, 2014.

MORAES, V. T. F.; QUELHAS, O. L. G. A metodologia do processo do *retrofit* e os limites da intervenção. *In*: **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão.** [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0356_1498.pdf>. Acesso em 14 fev. 2020.

NORAT, R. C. C. **Moradia como meio para a reabilitação de áreas e prédios históricos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 240p.

ONO, R. *et al*. **Avaliação Pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design – da teoria à prática.** 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

PRADO, A. K. J. A.; SILVA, C. F.; ROMÉRO, M. A. Avaliação do custo-benefício do *retrofit* da envoltória em um edifício público, com suporte de simulação computacional. **Revista Paranoá**, n° 22, p 88-101. Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25640/22544>. Acesso em 03 jan. 2020.

Licensed under a Creative Commons Attribution International License.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B. dos. **Eficiência energética em edifícios.** São Paulo: ed. Manole LTDA, 2012 (versão impressa).

ROMÉRO, M. A. ***Retrofit* e APO: conforto ambiental e conservação de energia.** *In:* Reabilita – Curso de pós-graduação lato sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2020.

ROMERO, M. A. B. **Estratégias bioclimáticas de reabilitação ambiental adaptadas ao projeto.** *In:* Reabilita – Curso de pós-graduação lato sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2019.

SCHREIBER, I. F. **A relação entre o *retrofit* e a satisfação do usuário: estudo de caso em uma empresa do Vale dos Sinos.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2017. 125p. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6384>. Acesso em 03 jan. 2020.

SILVA, R. T. S. da. **Preservação e sustentabilidade: restaurações e *retrofits.*** Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. 123p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-18102013-150137/publico/dissertacao_robertot_revisada.pdf>. Acesso em 03 jan. 2020.

VATTENFALL, A. B. ***Global mapping of greenhouse gas abatement opportunities up to 2030.*** Buildings sector deep-dive, 2007.

ZEB, A.; ROMÉRO, M. A. *et al*. ***LED lightbulbs as a source of electricity saving in buildings.*** MATEC Web of Conferences 7. 2016.

Amanda Moura Pinheiro

Arquiteta e urbanista, especialista em Arquitetura e Iluminação e em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística. Consultora PBE Edifica (RTQ-C e RTQ-R), atuou na elaboração de projetos de arquitetura de interiores e iluminação e na redação de conteúdos de arquitetura e design para blogs web. Atualmente, é arquiteta e urbanista pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM).

Contribuição de autoria: fundamentação teórico-conceitual e problematização; pesquisa de dados e análise estatística; elaboração de figuras e tabelas; elaboração e redação do texto; seleção das referências bibliográficas; revisão do texto.

Marcelo de Andrade Roméro

Arquiteto e Urbanista, Mestre, Doutor e Livre Docente em Arquitetura e Urbanismo, Professor Sênior e Titular da Universidade de São Paulo, Professor Visitante da Universidade de Brasília, Pró-Reitor de Ensino do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.

Contribuição de autoria: fundamentação teórico-conceitual e problematização; pesquisa de dados e análise estatística; elaboração e redação do texto; seleção das referências bibliográficas; revisão do texto.

Como citar: PINHEIRO, Amanda Moura, ROMÉRO, Marcelo de Andrade. Retrofit energético e percepção do usuário: estudo de caso em um complexo corporativo em Belém-PA. Revista Paranoá.n. 29, jan/jun 2021. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n29.2021.05

Editoras responsáveis: Carolina Pescatori, Dr. Daniel Sant'Ana, Caio Frederico e Silva.