Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.05,2024

ISSN 2178-6925

APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DA CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL LEED EM UMA HABITAÇÃO DE MERCADO POPULAR

APPLICATION OF LEED ENVIRONMENTAL CERTIFICATION CRITERIA IN A POPULAR MARKET HOUSING

Giovanna Parisi Cabeça Santos
Bacharel, Universidade Estadual do Pará, Brasil
Email: giovanna.parisi@hotmail.com

William Marques Pereira
Mestre, Universidade Federal do Pará, Brasil
Email: wmparquiteto@gmail.com

Altem Nascimento Pontes
Doutor, Universidade Estadual do Pará, Brasil
Email: altem.pontes@upa.br

Resumo

A partir da intensificação das mudanças climáticas em escala mundial, a arquitetura pode contribuir na mitigação dos impactos ambientais a partir de construções mais sustentáveis. Nesse sentido, o artigo objetiva estudar a aplicação dos critérios da certificação ambiental *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) - que consiste numa certificação destinada às construções sustentáveis, concebida e concedida por uma organização norte-americana - a um projeto de Habitação de Mercado Popular, elaborado pela própria autora, na cidade de Belém do Pará. Em termos metodológicos, a pesquisa foi bibliográfica, em que foram considerados livros, capítulos de livro, *sites* de órgãos governamentais e artigos científicos qualificados. Ao longo do desenvolvimento do presente projeto, foram consideradas diversas técnicas que têm em seu escopo a sustentabilidade nas construções, sendo a principal delas a de Desenvolvimento de Baixo Impacto. Na perspectiva de avaliação do projeto, foi empregado a tabela oferecida pelo selo LEED, além de empregados dois *softwares*, o *Flow Design* e o *Velux Daylight.* O primeiro avalia a ventilação ao simular um túnel de vento virtual para visualizar o fluxo de ar dentro e em torno de edificações. Já o segundo, foi utilizado para averiguar o desempenho no que concerne ao acesso à iluminação natural. Ademais, por meio do checklist dos critérios, estima-se que a proposta projetual é capaz de atender aos parâmetros exigidos para o nível *Gold* da certificação LEED ao atender 21 dos 45 requisitos não obrigatórios e atingir 63 pontos, inclusive o requisito de produzir uma energia renovável e assim otimizar o consumo energético da residência. Sendo assim, tais estratégias, ainda pouco exploradas no Brasil, podem trazer benefícios tanto ambientalmente, visando a diminuição do uso de recursos naturais e de geração de poluentes, assim como possíveis economias financeiras e melhoria na qualidade de vida da população usuária da arquitetura sustentável.

ISSN 2178-6925

Palavras-chave: arquitetura sustentável; controle urbanístico; desenvolvimento de baixo impacto; sustentabilidade social.

Abstract

Since the intensification of the climate changes on a global scale, the architecture can contribute to the downsize of the environmental impacts from more sustainable constructions. In that regard, this article intends to study the application of the environmental certification Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) - which consists in a certification aimed at sustainable constructions, designed and granted by a North American organization - standards in a Popular Market Housing project, elaborated by the author herself, in the city of Belém in Pará. In methodological terms, this was a bibliographic research, in which were considered books, book chapters, sites of governmental organs and qualified scientific papers. Throughout the development of the project, many techniques based on the sustainability of the constructions were considered, the main one being Low Impact Development. From the perspective of project evaluation, the list offered by the LEED certification was used, besides two softwares, the Flow Design and the Velux Daylight. The first one evaluates the airing by simulating a virtual wind tunnel to visualize the air flow inside and around the building. The second one, was used to certify the performance regarding access to natural lighting. Moreover, through the standard checklist, it is considered that the design proposal is capable of attending the mandatory and non mandatory requirements and to achieve 63 points, including the requirement of producing renewable energy and optimizing the energy consumption of the home. Therefore, such strategies, yet barely used in Brazil, can bring benefits both environmentally, aiming to reduce the use of natural resources and generation of pollutants, as possible financial savings and improve quality of life to the user population of the sustainable architecture.

Key words: sustainable architecture; urban control; low-impact development; social sustainability.

1. Introdução

É possível promover o amplo acesso à moradia sem sacrificar as qualidades arquitetônica e urbanística dos espaços populares? A pergunta refere-se a uma das principais questões levantadas na tese de Bonduki (2004), que também delineará o presente estudo.

No Brasil, o direito à cidade está descrito no Estatuto da Cidade (Lei no 10.257/2001), art. 2º, inciso I, como “o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações”, sendo assim um direito coletivo, inerente a todos os habitantes da cidade (Brasil, 2008). No entanto, o processo de rápida urbanização, acelerado a partir da segunda metade do século XX, e a inabilidade por parte da gestão do país em administrá-lo, agravaram as desigualdades sociais existentes, caracterizando a urbanização brasileira pela segregação socioespacial e repressão do pobre urbano (Siqueira, 2008).

Nesse sentido, há um enorme déficit habitacional que assola o Brasil – correspondendo a 5,877 milhões de pessoas em situação de rua ou de inadequação domiciliar em 2019 –, em consonância com o estudo “Déficit Habitacional e Inadequação de Moradias no Brasil”, da Fundação João Pinheiro em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional e com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o que fomenta a construção de unidades habitacionais em larga escala. Todavia, conforme

ISSN 2178-6925

Bueno (2011), tal atitude suscita críticas no que tange à qualidade projetual e ao desempenho geral de tais edificações, que na busca por rápida montagem e por baixo custo, frequentemente deixam de levar em conta questões qualitativas de desempenho.

Ademais, em consonância com Cardoso *et al*. (2011), por mais significativos e evidentes que tenham sido os avanços obtidos com o Projeto Minha Casa Minha Vida, esse repetiu alguns erros já cometidos no passado, como a localização das moradias nas periferias das cidades – exacerbando a segregação e dificultando a mobilidade urbana, o acesso a equipamentos, serviços e trabalho – e a produção em massa, preterindo a qualidade das habitações. Nesse viés, as tipologias tradicionalmente utilizadas pelas políticas públicas de habitação são assentamentos precários, e há o reconhecimento de que a questão habitacional não é um problema somente quantitativo, mas também qualitativo, logo, a qualidade projetual e arquitetônica das Habitações Sociais são fatores que concernem à qualidade de vida dos moradores, no Brasil e no mundo (Brasil, 2016).

Outrossim, compreendendo que sustentabilidade diz respeito não só ao caráter ambiental, mas também econômico, político e sociocultural, tendo em vista o Relatório Brundtland, da Organização das Nações Unidas de 1987, que determinou que desenvolvimento sustentável é o que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”, e admitindo a construção civil como um tipo de indústria, devido a seu inegável vínculo com a geração de resíduos e o consumo de recursos naturais, seja na etapa de produção ou na etapa de uso das edificações, como confirmou a Organização das Nações Unidas (ONU, 2016), torna-se impossível dissociar as habitações sociais do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade social. Assim, Reis e Lay (2010) definem que o conceito de “sustentabilidade social” é ultrapassar a noção de seres humanos como simplesmente organismos com necessidades básicas e considerá-los também como “seres culturais”, o que implica melhorias em níveis urbano e arquitetônico.

Nesse viés, em consonância com Kats (2010) e a iniciativa Comunidades Sustentáveis da Enterprise, as habitações de interesse social sustentáveis, quando comparadas às habitações convencionais, podem fornecer significativos e demonstráveis benefícios de saúde, econômicos e ambientais para os residentes, além de possuírem um custo viável e serem rentáveis.

Desse modo, este ensaio tem o intuito de apresentar a possibilidade de suceder o estímulo à produção de Habitações de Mercado Popular (HMP) mais sustentáveis e eficientes energeticamente, conceito ainda pouco explorado no país, mas que pode trazer benefícios tanto ambientalmente, visando a diminuição do uso de recurso naturais e de geração de poluentes, como para possíveis economias financeiras e melhoria na qualidade de vida da população usuária, como apontam Reis e Lays (2010). Para cumprir o propósito de um projeto de HMP mais sustentável será utilizado como ferramenta de referência os parâmetros propostos pela certificação ambiental *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), uma certificação para construções sustentáveis,

ISSN 2178-6925

concebida e concedida pela organização não governamental *United States Green Building Council.*

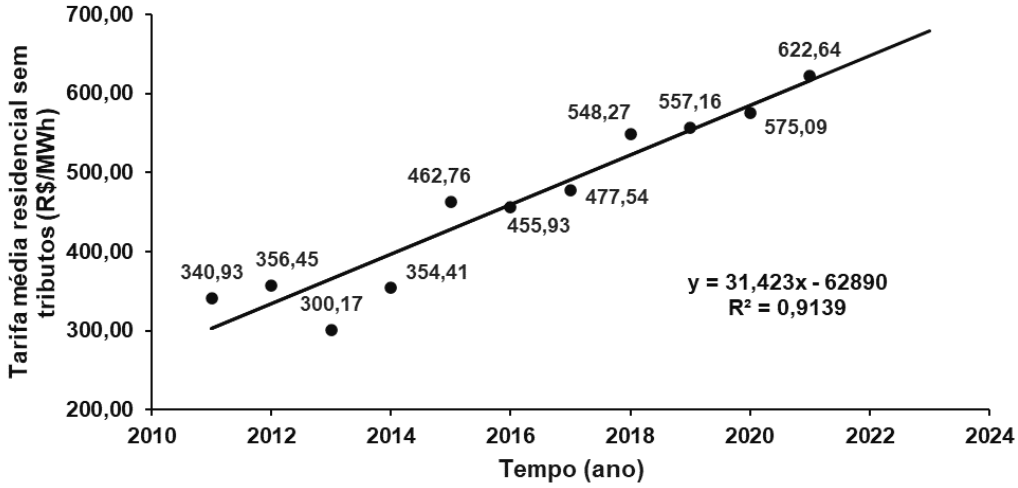
No que tange à aplicação LEED, é sabido que uma certificação ambiental norte americana pode não ser o ideal para o cenário brasileiro, tendo em vista ter sido elaborada baseando-se em especificidades regionais do seu local de origem, como ponderou Bueno (2011). Todavia, acredita-se que se valer dos seus parâmetros analisando quais são possíveis de serem adaptados para o contexto nacional é capaz de produzir uma arquitetura mais eficiente.

2. Energia elétrica

É notório que a energia elétrica é um bem fundamental na sociedade contemporânea, segundo a Eletrobras (2019) o setor residencial apresenta grande dependência da rede de fornecimento público, uma vez que 99,5% dos domicílios utilizam a energia elétrica proveniente das concessionárias, sendo apenas 0,12% do consumo gerado no próprio domicílio. Desse modo, um dos pilares do projeto em questão será a energia elétrica, logo, cabem reflexões acerca da sensibilidade a variações climáticas, mudanças tarifárias e renda familiar.

Nesse sentido, conforme a *International Energy Agency* (IEA), 2016, ao fazer uma análise utilizando o método Paridade do Poder de Compra, o Brasil possui uma das mais caras tarifas de energia elétrica do mundo, além de, em consonância com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a tarifa média residencial no Brasil subiu 82,6% entre 2011 e 2021, sendo a tarifa mais cara do país a do estado do Pará (Figura 1). Verifica-se que o crescimento da tarifa média residencial tem um comportamento linear, com uma probabilidade de 91,39%.

Figura 2 – Evolução da tarifa média residencial sem tributos (R$/MWh).



Fonte: ANEEL apud RAEDER *et al*. (2022).

Destarte, em entendimento com Raeder *et al*. (2022) famílias com diferentes rendas não são atingidas da mesma forma pela variação dos preços de energia, isto porque, famílias com maiores rendas – que normalmente

ISSN 2178-6925

apresentam maiores níveis de consumo – possuem maior possibilidade de adoção de medidas de conservação de energia em razão de uma parcela significativa de seu consumo ser destinada a finalidades de uso não essencial (como o uso de ar-condicionado ou entretenimento/conectividade), enquanto que famílias de média e baixa renda têm seu consumo destinado principalmente a atividades essenciais como higiene e iluminação, reduzindo assim a possibilidade de diminuição do consumo de energia frente à variação de preços.

Desse modo, é possível concluir que no caso das famílias mais pobres, a conta de energia elétrica representa uma parcela relevante de seus orçamentos, comprimindo a renda disponível para as suas outras demandas, inclusive outras necessidades básicas. Assim, a proposta projetual terá como um de seus pilares a maior autonomia energética dos domicílios, compreendendo ainda, que os edifícios sustentáveis podem fornecer, conforme Kats (2010), uma economia no consumo de energia direta, quando comparados com edifícios convencionais, de 30% a 50%, fornecendo também, ao optar por fontes de energia alternativas, como as placas de energia solar fotovoltaicas, uma garantia contra o risco de futura inflação e volatilidade nos preços da energia elétrica.

3. Acesso à água

Outrossim, a escassez de água em regiões urbanas, a diminuição da qualidade da água nas nascentes pela contínua poluição, a escassez econômica referente à impossibilidade de se pagar os custos de acesso a água, associadas a serviços de abastecimento público ineficazes, são fatores que têm tornado inquestionável a necessidade da conservação dos recursos hídricos. Nesse sentido, uma das preocupações projetuais foi a racionalização do uso da água de forma que se intenta que as HMP projetadas contemplem um sistema de aproveitamento de águas pluviais, uma técnica considerada como de Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI).

Nesse sentido, a NBR 15527(2005) afirma que a água da chuva pode ser utilizada apenas para fins não potáveis, como rega de jardim, limpeza de ruas e calçadas. Com isso, o presente trabalho utilizará as águas pluviais nas descargas de bacias sanitárias, as quais, estima-se que correspondem a 30% do consumo residencial de água no Brasil (Tomaz, 2009), proporcionando não só a economia financeira ao diminuir o consumo da água da rede pública, como também que tal recurso finito seja destinado para fins essenciais. Além disso, a utilização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva possibilita a redução do escoamento superficial o que diminui os riscos de inundações, tão comuns na área de estudo do projeto.

4. Material e Métodos

Em termos metodológicos, a pesquisa foi bibliográfica, em que foram considerados livros, capítulos de livro, *sites* de órgãos governamentais e artigos científicos qualificados.

Na perspectiva de avaliação do projeto, foi empregado o selo LEED que consiste numa certificação destinada às construções sustentáveis, concebida e concedida por uma organização norte americana.

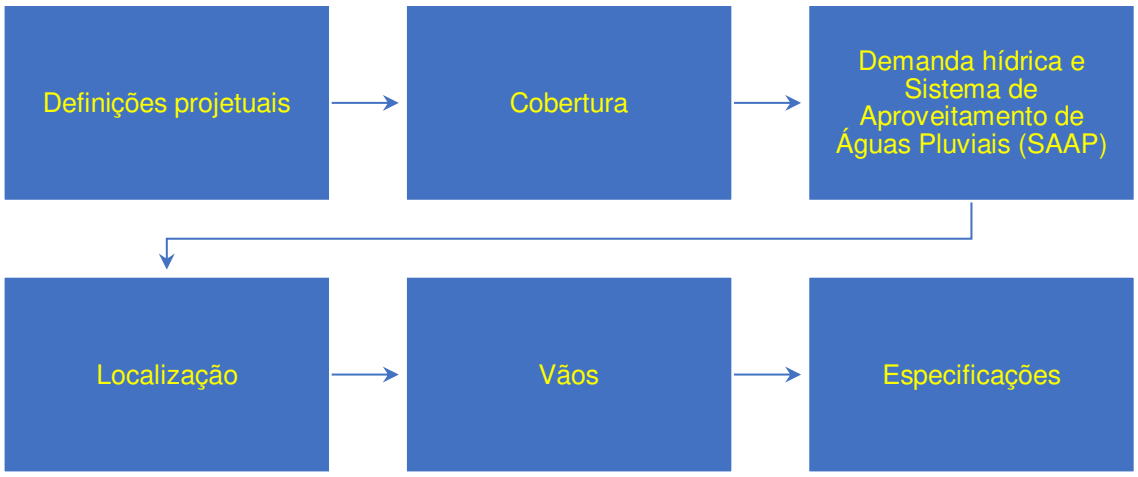
ISSN 2178-6925

Ao longo do desenvolvimento do presente projeto, foram observadas diversas técnicas que têm em seu escopo a sustentabilidade nas construções, em que a principal delas é a de DBI.

Para avaliação do projeto final foram empregados dois *softwares*, o *Flow Design* e o *Velux Daylight*. O primeiro foi empregado para a avaliação da ventilação ao simular um túnel de vento virtual para visualizar o fluxo de ar em torno de edificações. Já o segundo, foi utilizado para averiguar o desempenho no que concerne ao acesso à iluminação natural.

A Figura 2 apresenta um fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento do projeto de construções sustentáveis para obtenção do selo LEED.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento do projeto.



Fonte: Autor, 2024.

Definições projetuais

A proposta arquitetônica elaborada é fundamentada na aplicação de soluções de sustentabilidade ecológica, econômica e social, que proporcionem habitações de qualidade, funcionais, agredindo menos o meio ambiente. Nesse sentido, tendo em vista que, em conformidade com Reis e Lay (2010), a aparência das edificações é um fator importante para a satisfação dos moradores e a tipologia sobrado foi a segunda mais bem avaliada por esses, essa foi a tipologia escolhida para o referido projeto.

Assim, as HMP propostas consistem em sobrados multifamiliares, constituídos de dois pavimentos, o piso térreo e um andar superior, sendo que cada andar será equivalente a uma residência unifamiliar com acesso particular, contendo salas, setor de serviço, banheiros e dormitórios – o piso térreo com

ISSN 2178-6925

dois dormitórios e o superior com apenas um. Tal edificação em consonância com a ABNT NBR 12721:2006 corresponderá ao padrão R-1B – residência unifamiliar padrão baixo – o qual, conforme a Sinduscon-PA em sua avaliação mais recente para o ano de 2024, possui o Custo Unitário Básico de Construção de R$ 1.991,03/m².

Para mais, em razão da compreensão de que o Brasil é um país de dimensões continentais, com climas diversos, o que torna improvável que um projeto se adeque bem em todas as diferentes regiões – tendo em vista que cada uma terá suas especificidades e demandará diferentes decisões capazes de garantir conforto ambiental, foi decidido definir para qual região a referida HMP foi elaborada, para que seja possível regionalizar o projeto e seus resultados. Desse modo, o presente estudo terá como base a cidade de Belém, capital do estado do Pará.

Cobertura

A cobertura é um dos pontos fundamentais para a sustentabilidade do referido projeto, além de pautar a escolha de materiais na obtenção de um bom desempenho térmico, há a intenção de que a HMP seja eficiente energeticamente, sendo capaz de gerar, a partir da energia solar, energia elétrica suficiente para suprir boa parte das necessidades de seus moradores. Nesse viés, considerando o consumo médio de 100 kWh/mês, cerca de 15 m² da área da cobertura são revestidos por telhas solares fotovoltaicas de fibrocimento, o equivalente a 86 telhas.

As telhas escolhidas para o projeto são as da marca Eternit, empresa brasileira fabricante de materiais de construção, denominadas Tégula Solar, que possuem as medidas de 0,365 m (L) X 0,475 m (C) e a capacidade energética de 1,15 kWh/mês, além de, conforme o fabricante, as telhas serem de fácil instalação e possuírem compatibilidade com as telhas tradicionais de fibrocimento, tanto em dimensão como em encaixe e inclinação, o que torna possível utilizar a quantidade exata de telhas solares fotovoltaicas necessárias para suprir as necessidades energéticas da residência e complementar o espaço excedente com telhas de fibrocimento tradicionais, diminuindo assim o investimento necessário.

Outrossim, tendo em vista que uma das principais estratégias apresentadas nas certificações ambientais, inclusive no LEED, para minimizar as trocas térmicas do exterior com o interior da edificação ocorridas através da cobertura é o telhado vegetado, também chamado de cobertura verde, as HMP possuirão telhados vegetados de 17,90 m², com sistema do tipo extensivo, cobertura leve, projetada para comportar plantas resistentes, com profundidade de 15 cm, compostos pela camada de vegetação, pelo substrato – fornecedor de água e nutrientes às plantas – a camada filtrante ou geotêxtil, a camada de drenagem, a camada de proteção mecânica, a camada de impermeabilização e, por fim, a estrutura do telhado.

Tal técnica caracteriza-se por ser uma de DBI – técnica alternativa para o controle do escoamento pluvial junto à fonte onde é gerado, buscando a minimização dos volumes e vazões que escoam superficialmente a valores

ISSN 2178-6925

próximos àqueles que ocorriam no estágio anterior à impermeabilização do solo (Tassi *et al*., 2014).

De acordo com Tassi *et al*. (2014), a aplicação da DBI ajuda a manter as funções ecológicas e hidrológicas na bacia, sendo caracterizada pela *Water Environment Research Foundation* como uma prática sustentável voltada para a drenagem pluvial. Ademais, coberturas vegetais contribuem no conforto térmico e acústico, ao amenizarem a transmissão de calor e de ruído para o interior da edificação, o que auxilia na redução dos custos de refrigeração (Tassi *et al*., *op. cit*.).

A cobertura da construção também conta com duas claraboias fixas – esquadria localizada na cobertura da edificação – uma em cada pavimento, com telhas translúcidas de polipropileno (material de alta durabilidade que permitirá a passagem de 70% da luz natural) –, intentando intensificar o acesso à luz solar sem gerar ofuscamento ou desconforto térmico.

Demanda hídrica e Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Conforme o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (SAAP), estima-se que seja consumido por cada descarga sanitária 6 litros de água e que cada pessoa em sua residência dê em média 5 descargas por dia, levando a um consumo de 30 litros de água por dia por habitante (Guimarães, 2018). Desse modo, considerando-se que as HMP projetadas dispõem de um pavimento planejado para acomodar quatro pessoas e um segundo pavimento planejado para abrigar duas, calcula-se que o consumo de água com descargas sanitárias será em média de 160 litros por dia em cada sobrado.

Desse modo, existem diversos tipos de SAAP e o sistema utilizado no projeto em questão irá dispor da captação da água a partir da cobertura da edificação, tendo em vista que o projeto possui parte da cobertura destinada a um telhado verde, área permeável. As áreas úteis para captação da água da chuva serão as áreas da cobertura que contam com as telhas fotovoltaicas, as telhas de fibrocimento e as telhas de polipropileno com transporte por meio de calhas e condutores, dispositivo de autolimpeza para descarte da primeira chuva que tende a carregar as sujeiras presentes no telhado, filtro para remoção de sólidos, reservatório inferior, sistema de bombeamento e reservatório superior (Tomaz, 2011).

A cisterna responsável por armazenar a água pluvial terá capacidade para 600 litros, com dimensão aproximada de 1,20 m, e ficará localizada no térreo, na parte posterior da residência, enquanto a cisterna destinada a armazenar a água já tratada, também com capacidade para 600 litros de água e dimensão aproximada de 1,20 m, será locada na cobertura do sobrado. A comunicação entre as cisternas será realizada por meio de um sistema de pressurização.

Localização

É inequívoco que a localização da moradia na cidade gera impacto na vida cotidiana do cidadão, e assim é basilar a necessidade de acesso a áreas de oferta de trabalho, serviços, comércio, saúde e educação. Logo, quando essa moradia popular é implantada afastada dos centros urbanos, a mobilidade

ISSN 2178-6925

urbana provoca, inicialmente, um custo financeiro a mais, “afetando a renda do trabalhador, e um gasto adicional de tempo, prejudicando a qualidade de vida e a produtividade do morador em seu ambiente de trabalho” (Palma, 2016, p. 6). Além disso, quando implantadas em áreas não consolidadas do meio urbano, os conjuntos habitacionais requerem a construção de infraestrutura e de equipamentos urbanos, onerando o Estado.

Assim, para a instalação das habitações projetadas foi escolhido um terreno na cidade de Belém do Pará, localizado na Avenida Bernardo Sayão, no Bairro da Cidade Velha, mais especificamente com uma das fachadas voltada para a orla do Portal da Amazônia, em meio urbano já consolidado, com entorno capaz de garantir a infraestrutura básica, garantindo previamente saneamento, iluminação pública, passeio adequado para os pedestres, malha viária – o que diminuirá o investimento necessário destinado ao projeto –, além de fácil acesso ao transporte público, serviços, equipamentos urbanos.

Vãos

Uma das premissas do referido projeto é o acesso à iluminação e ventilação naturais, pois uma edificação energeticamente eficiente deve garantir uma quantidade razoável de luz natural, capaz de proporcionar a redução do uso de iluminação artificial, e de ventilação, a qual tem a função de regular o clima interno de uma edificação e auxiliar no resfriamento fisiológico dos moradores, especialmente em uma região de clima quente e úmido como é Belém do Pará.

O sobrado concebido dispõe de diversas esquadrias, a saber: o *living*, ambiente de longa permanência, voltado para a fachada frontal da edificação, detém de amplas janelas de policloreto de vinil (PVC), com folhas de vidro e *brises soleil* verticais em PVC, tencionando diminuir a incidência direta dos raios solares.

Há a presença de lanternim, abertura mais próxima ao telhado, com venezianas móveis em PVC na maioria das paredes da residência, de forma a promover o efeito chaminé e a ventilação cruzada, estratégias que melhoram o conforto térmico.

O setor de serviço de ambos os pavimentos, setor que tanto precisa de iluminação e ventilação para sua higienização, possui, além do lanternim, uma claraboia fixa com telhas translúcidas de polipropileno, como já falado anteriormente.

Todos os demais ambientes têm aberturas com dimensões que correspondem a pelo menos 40% da área do piso do ambiente, como determina a NBR 15220 (2005) para a zona bioclimática 8, zona correspondente a Belém do Pará.

Ademais, as esquadrias das salas e quartos possuem prateleiras de luz horizontais, as quais Laranja (2022) enfatiza que potencializam a iluminância no ambiente interno em até 21%, ao refletir a luz para os espaços mais profundos do ambiente, além de ter a capacidade de sombrear a área mais próxima da abertura.

ISSN 2178-6925

A prateleira de luz se estabelecerá no interior dos ambientes na altura de 1,70 m do piso e possuirá 0,50 m de profundidade, com a intenção de redução da eventual iluminação excessiva. Outrossim, as janelas dos dormitórios possuem dupla esquadria – uma esquadria pivotante envidraçada, com caixilho em PVC, no lado interno e uma esquadria de giro com venezianas também em PVC, no lado externo.

Especificações

Em consonância com a Lei Complementar de Controle Urbanístico (LCCU), de 1999, ainda em vigor, Art. 63, o projeto proposto dispõe de lotes de 125 m², sendo 10,50 m de frente por 11,90 m de profundidade, cada um destinado a um sobrado multifamiliar, sendo condizente com a categoria de habitação M1.

A residência unifamiliar térrea (Figura 3) possui área construída de 47,30 m² e conta com dois quartos, um banheiro e um grande cômodo sem divisões internas que incorpora as salas de estar e jantar, cozinha e área de serviço; enquanto a residência do pavimento superior dispõe de 40,35 m², contendo apenas um quarto, um banheiro e um grande cômodo similar ao pavimento inferior. A escolha desse *layout* integrado nas áreas sociais e de serviço permite o maior conforto térmico e luminoso na edificação.

Figura 3 – *Layout* pavimento térreo e superior.



Fonte: Autor, 2024.

Há uma circulação lateral compartilhada por ambas as residências, conferindo maior privacidade aos moradores, a qual dá acesso às portas de entrada, à escada que leva a residência superior e ao quintal nos fundos do terreno, o qual possui aproximadamente 4,00 m de profundidade e pode ser utilizado como área para o cultivo de horta, para criação de animais domésticos, para a secagem de roupas e para o lazer íntimo. Também há um afastamento lateral de 2,50 m que pode ser utilizado como garagem por ambas as residências.

ISSN 2178-6925

Levando-se em consideração as limitações orçamentárias do projeto, estabeleceu-se que os materiais utilizados deveriam ser padronizados, porém de alta durabilidade, assim, utilizando como premissa a cartilha do Custo Unitário Básico (CUB) de 2007 e a NBR 12721:2006, foi definido a simplificação dos acabamentos eliminando os revestimentos das paredes e pisos, à exceção dos banheiros, de modo que salas, cozinha, área de serviço e quartos possuirão as paredes em tijolos aparentes e o piso em concreto polido.

Os banheiros possuirão o piso revestido com porcelanato cerâmico esmaltado 20 cm x 20 cm PEI III e paredes com o mesmo revestimento até 1,50 m de altura, com os tijolos aparentes a partir de 1,50 m até o forro. Outrossim, portas internas e externas serão em madeira semi-oca, em correspondência a cartilha do CUB, janelas e basculantes em PVA, e forro em madeira pinus sem pintura (Figura 4).

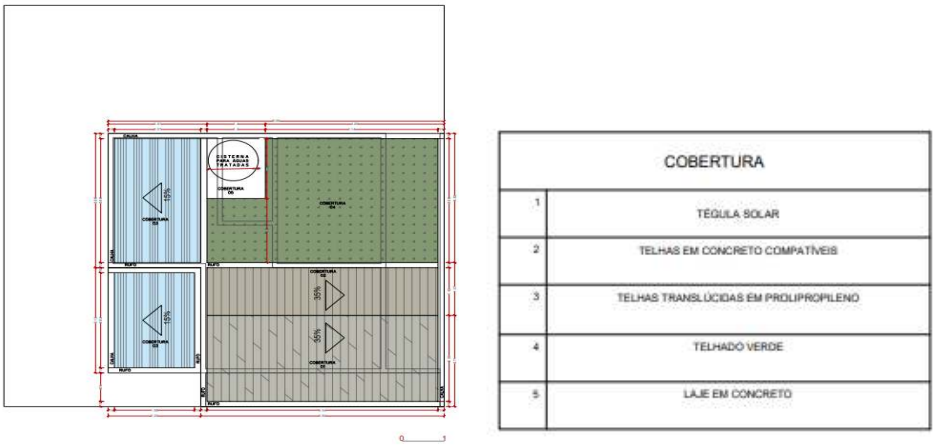
Figura 4 – Visualização 3D da proposta projetual.



Fonte: Autor, 2024.

Além disso, no que tange à cobertura (Figura 5), ela será constituída por cinco componentes, como já explicado anteriormente: as telhas fotovoltaicas de fibrocimento Tégula Solar, telhas de fibrocimento padrão, correspondentes às especificadas na cartilha do CUB para habitações padrão R1-B, telhas translúcidas de polipropileno, um telhado verde e uma pequena parte, de 2,50 m², terá laje padrão para acomodar o reservatório de água tratada.

Figura 5 – Planta de cobertura.



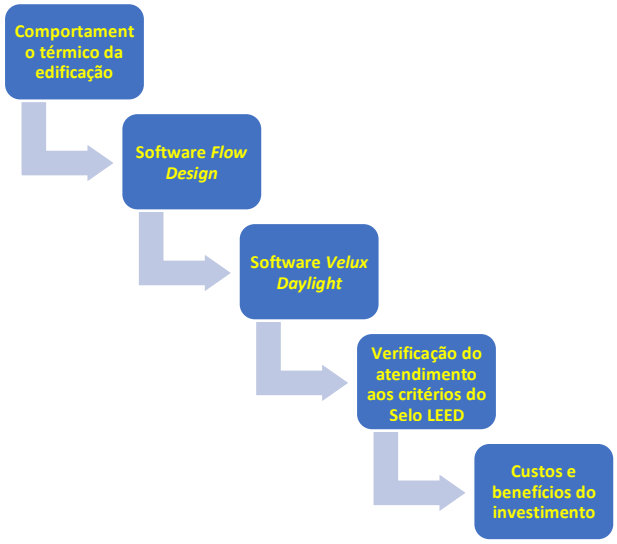
Fonte: Autor, 2024.

ISSN 2178-6925

5. Resultados e Discussão

A Figura 6 apresenta um Fluxograma das etapas adotadas após elaboração do projeto para avaliação se esse seguiu em nível satisfatório os critérios da certificação LEED. Na sequência, teremos: Identificação do comportamento térmico da edificação; uso do *software Flow design* para a avaliação da ventilação; emprego do *software Velux Daylight* para avaliar o desempenho no que concerne ao acesso a iluminância natural; verificação do atendimento aos critérios do selo LEED e, por fim, levantamento dos custos e benefícios do investimento no projeto.

Figura 6 – Fluxograma das fases de avaliação do projeto de construção sustentável.



Fonte: Autor, 2024.

Comportamento térmico da edificação

O projeto, com a variedade de esquadrias posicionadas estrategicamente e técnicas adotadas, foi capaz de obter ventilação cruzada, com área ventilada consideravelmente maior do que o mínimo estabelecido pela legislação, e acesso a iluminação natural em quantidades satisfatórias no interior das residências, facilitando o bom desempenho térmico do projeto.

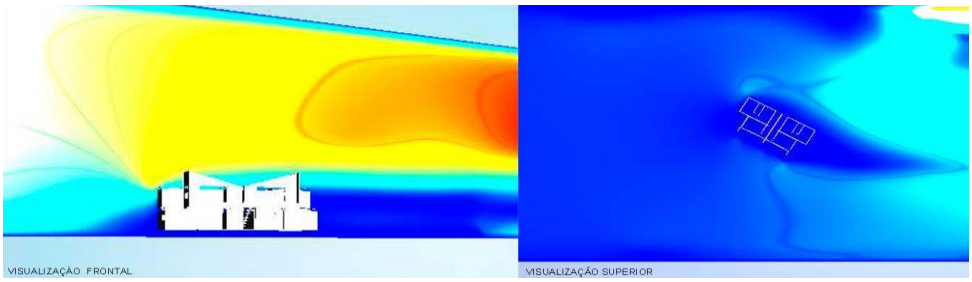
Software Flow Design

A avaliação da ventilação foi elaborada por meio do *software Flow Design* 2014, programa computacional da Autodesk que simula um túnel de vento virtual para visualizar o fluxo de ar em torno de edifícios, conforme indica a Figura 6. Para as análises foi utilizada a velocidade do vento de 3 m/s, equivalente a 10,8 km/h, sendo as direções predominantes do vento para a cidade de Belém. O *software* mostra uma vista frontal e uma vista superior da construção e como o túnel de vento se comportaria ao redor e dentro dela; a diferença de cores

ISSN 2178-6925

corresponde à diferença de intensidade e de velocidade do vento, o tom mais escuro de azul representaria o local com maior intensidade de ventilação, logo é possível perceber que foi possível garantir que a ventilação natural permeasse todos os ambientes da edificação de forma apropriada, garantindo maior conforto térmico.

Figura 6 – Simulação de ventilação natural – vista frontal e superior.



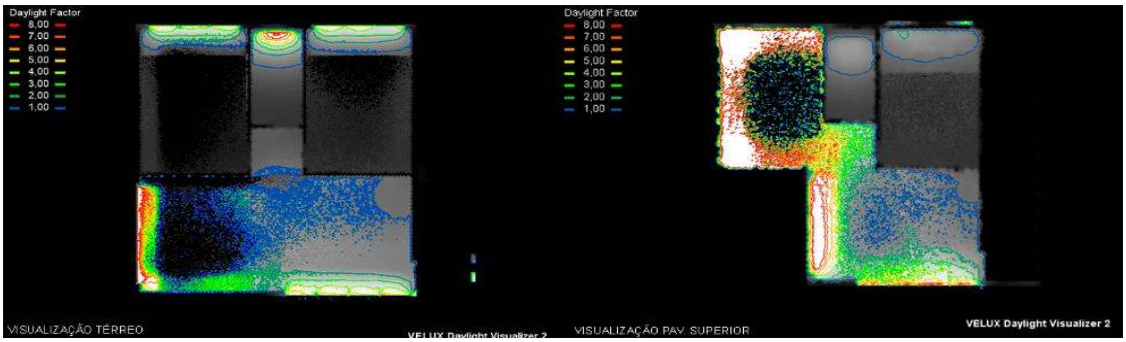
Fonte: *Flow Design*. Elaboração: Autor, 2024.

Software Velux Daylight

Para mais, foram elaboradas simulações para averiguar o desempenho no que concerne ao acesso à iluminância natural. A tipologia foi analisada com o *software Velux Daylight* (ferramenta da *Velux* para simulação das condições de iluminação natural em edifícios), no qual foi especificado a latitude de – 1,45 sul e longitude de – 48,50 oeste da cidade de Belém do Pará, para que a simulação fosse mais precisa (Figura 7). O *software* mostra uma vista superior de cada um dos andares do sobrado, com a diferença de coloração e ilustra a quantidade de luz natural que entraria em cada um dos ambientes, onde a tonalidade mais vermelha seria a maior quantidade de luz enquanto a cor azul seria a menor quantidade.

Assim, é possível notar que a luz natural consegue acessar todos os ambientes, sendo que os que recebem a maior quantidade são a cozinha/área de serviço, em razão da necessidade de ser um setor higienizado pela iluminação e calor do sol, e a sala. Os quartos e banheiros têm acesso a luz natural, porém em menor quantidade, pois, por serem ambientes de longa duração é fundamental que o conforto térmico não seja diminuído pelo calor.

Figura 7 – Simulação de iluminação natural – vista superior.



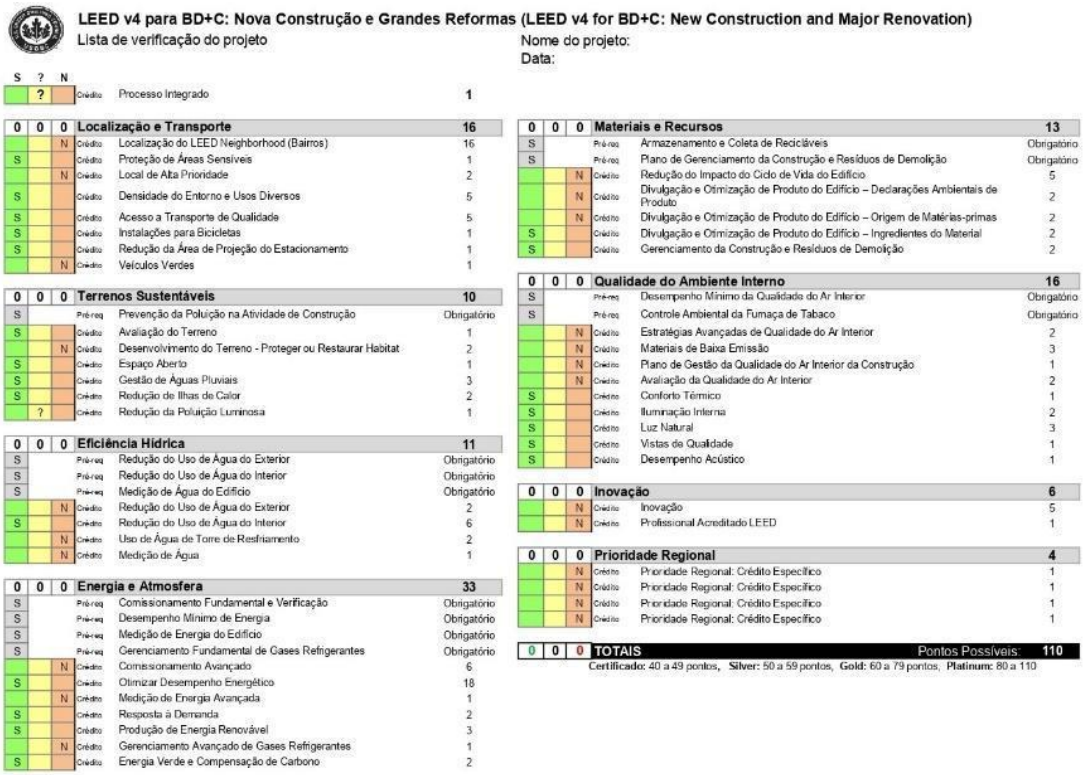
Fonte: *Velux Dayligth*. Elaboração: Autor, 2024.

ISSN 2178-6925

Verificação do atendimento aos critérios do selo LEED

Reconhecendo o compromisso e competência da Certificação Ambiental LEED em categorizar e avaliar critérios para que os benefícios que a arquitetura sustentável oferece sejam obtidos, foi realizado um *checklist* (Quadro 1) dos parâmetros especificados para o selo LEED BD+C para residências multifamiliares de um a três andares, com base na lista de verificação disponibilizada pela *Green Building Council* (Brasil, 2019).

Quadro 1 – *Checklist* dos critérios para obtenção da certificação LEED BD+C.



LEED v4 para BD+C: Nova Construção e Grandes Reformas (LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation)

Lista de verificação do projeto

Nome do projeto:

Data:

S	?	N			
	?		Crédito	Processo Integrado	1

0	0	0	Localização e Transporte		16
		N	Crédito	Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	16
S			Crédito	Proteção de Áreas Sensíveis	1
		N	Crédito	Local de Alta Prioridade	2
S			Crédito	Densidade do Entorno e Usos Diversos	5
S			Crédito	Acesso a Transporte de Qualidade	5
S			Crédito	Instalações para Bicicletas	1
S			Crédito	Redução da Área de Projeção do Estacionamento	1
		N	Crédito	Veículos Verdes	1

0	0	0	Terrenos Sustentáveis		10
S			Pré-req	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Obrigatório
S			Crédito	Avaliação do Terreno	1
		N	Crédito	Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2
S			Crédito	Espaço Aberto	1
S			Crédito	Gestão de Águas Pluviais	3
S			Crédito	Redução de Ilhas de Calor	2
	?		Crédito	Redução da Poluição Luminosa	1

0	0	0	Eficiência Hídrica		11
S			Pré-req	Redução do Uso de Água do Exterior	Obrigatório
S			Pré-req	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório
S			Pré-req	Medição de Água do Edifício	Obrigatório
		N	Crédito	Redução do Uso de Água do Exterior	2
S			Crédito	Redução do Uso de Água do Interior	6
		N	Crédito	Uso de Água de Torre de Resfriamento	2
		N	Crédito	Medição de Água	1

0	0	0	Energia e Atmosfera		33
S			Pré-req	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório
S			Pré-req	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório
S			Pré-req	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório
S			Pré-req	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório
		N	Crédito	Comissionamento Avançado	6
S			Crédito	Otimizar Desempenho Energético	18
		N	Crédito	Medição de Energia Avançada	1
S			Crédito	Resposta à Demanda	2
S			Crédito	Produção de Energia Renovável	3
		N	Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1
S			Crédito	Energia Verde e Compensação de Carbono	2

0	0	0	Materiais e Recursos		13
S			Pré-req	Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório
S			Pré-req	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório
		N	Crédito	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5
		N	Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2
		N	Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas	2
S			Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2
S			Crédito	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2

0	0	0	Qualidade do Ambiente Interno		16
S			Pré-req	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Obrigatório
S			Pré-req	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Obrigatório
		N	Crédito	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior	2
		N	Crédito	Materiais de Baixa Emissão	3
		N	Crédito	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção	1
		N	Crédito	Avaliação da Qualidade do Ar Interior	2
S			Crédito	Conforto Térmico	1
S			Crédito	Iluminação Interna	2
S			Crédito	Luz Natural	3
S			Crédito	Vistas de Qualidade	1
S			Crédito	Desempenho Acústico	1

0	0	0	Inovação		6
		N	Crédito	Inovação	5
		N	Crédito	Profissional Acreditado LEED	1

0	0	0	Prioridade Regional		4
		N	Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		N	Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		N	Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		N	Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1

0	0	0	TOTAIS	Pontos Possíveis:	110

Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: 80 a 110

Fonte: *Green Building Council*. Adaptado pelo autor, 2024.

Por meio do checklist, estima-se que a proposta projetual é capaz de atender aos parâmetros exigidos para o nível *Gold* da certificação LEED ao atender 21 dos 45 requisitos não obrigatórios e atingir 63 pontos.

Tais requisitos foram atendidos ao haver a preocupação com o local escolhido para a locação das residências (local que não é caracterizado por fragilidades ambientais, possui infraestrutura urbana, permite fácil acesso a serviços e equipamentos urbanos, seja a pé ou por meio da proximidade com transportes públicos), ao considerar abundantes áreas permeáveis, tanto no solo como nos telhados verdes, os quais são considerados pelo LEED como estratégia para o controle do escoamento pluvial e conta como pontos para o critério *de Water Management*, além de utilizar um sistema de reaproveitamento de água da chuva.

O projeto também atendeu os requisitos de produzir uma energia renovável e assim otimizar o consumo energético da residência. Houve a

ISSN 2178-6925

preocupação com a origem dos materiais da construção especialmente com o uso do tijolo ecológico, o qual requer baixo consumo de energia na extração da matéria-prima, não gera nenhum tipo de poluição ou resíduos no seu processo produtivo e dispensa o processo de queima, além de garantir uma obra com menor geração de resíduos por eliminar a necessidade de fazer cortes nas paredes para passagens elétricas e hidráulicas. Houve a garantia da melhora do conforto térmico e do acesso a iluminação natural em todos os ambientes da habitação.

Custos e benefícios do investimento

No que tange aos custos, estima-se que esses correspondam aos especificados pelo CUB para habitações no padrão R1-B – residência unifamiliar padrão baixo – que é de R$ 1.991,03/m². Logo, somando a área da residência térrea, 47,30 m², a área da residência superior, 40,35 m², e a área da circulação comum às duas, 9,23 m², a área construída do sobrado é de 96,88 m², custando, conforme o CUB, aproximadamente R$ 192.891,00.

Nesse viés, tendo em vista que foram seguidas a grande maioria das recomendações da cartilha do CUB, alguns acabamentos foram adotados como o prescrito enquanto outros foram adequados, porém, intentou-se que houvesse uma compensação de custos, o acréscimo de valor do modelo proposto seria em função das telhas de geração de energia solar que constituem 14,15 m² do telhado e, conforme a empresa Eternit custam R$ 764,75 m², e do sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais que, em consonância com Carvalho (2010), seria de em média R$ 2.355,00, considerando um sistema com bombeamento.

É notório que uma construção sustentável possui um custo ligeiramente maior do que construções convencionais semelhantes. Kats (2010) define que esse adicional fica entre 0% e 8%, e que a preocupação com os custos iniciais permanece sendo o maior entrave contra a construção sustentável. No entanto, quando há o planejamento correto do projeto e da obra, esse custo adicional pode ser reduzido além de ser compensado em um curto prazo. “Algum ou todo o custo adicional do projeto sustentável é tipicamente compensado por economias resultantes das soluções de sustentabilidade adotadas” (Kats, 2010, p. 11).

Ademais, ainda pensando nos benefícios aos mais interessados do projeto, as habitações sociais sustentáveis, e a proposta projetual em questão, fornecem substanciais economias financeiras a famílias de baixa renda por reduzirem as despesas no consumo de energia, o que em uma região com uma incontestável desigualdade de renda e contas de eletricidade que consomem 39% do orçamento familiar mensal é uma vantagem inequívoca (Raeder *et al.*, 2022).

Outrossim, reconhecendo que o déficit habitacional vai além da carência quantitativa de habitações e permeia o âmbito qualitativo dessas e como essas habitações afetam a qualidade de vida de seus moradores, é possível vincular habitações insalubres com os gastos do Estado com saúde, isso porque Hood (2005) explanou que a má qualidade das construções em comunidades de baixa

ISSN 2178-6925

renda frequentemente exerce efeitos adversos diretos e mensuráveis sobre a saúde física e mental dos residentes, interage com problemas já existentes e agrava condições de saúde.

Assim, como na pesquisa de Hood (2005), a falta de investimento em moradias para a população de baixa renda é relacionada, até mesmo, a um encarecimento excessivo dos gastos do Estado com o Sistema de Saúde Pública. Kats (2010) conclui que por aumentar o valor do capital em longo prazo – ao reduzir as despesas com o consumo de energia elétrica e água e promover melhorias nos impactos à saúde – o projeto sustentável em habitações sociais fornece importante ajuda econômica aos residentes de baixa renda, os quais têm a oportunidade de se tornarem proprietários de imóveis alugados, tipicamente após um período de 15 anos, movimentando até mesmo o mercado imobiliário.

Assim, por mais que o investimento inicial de habitações sustentáveis seja ligeiramente superior que o investimento para construções convencionais os benefícios sociais e econômicos da escolha de tais construções são inegáveis, tanto para os futuros moradores, como para o meio em que a construção está inserida e para o mercado imobiliário no futuro próximo, compensando tal investimento.

Considerações Finais

Casa, lar, habitação, são conceitos complexos de definir, vão além da definição da estrutura física, possuem significados que quase que fogem da alçada do arquiteto e urbanista e entram no âmbito sociológico, cultural, psicológico; no entanto, o sentimento de pertencimento, de segurança, de dignidade que é proporcionado por esse lar é um direito de todos, logo, o arquétipo da casa popular com padrão construtivo ordinário deve ser rompido para que as famílias de baixa renda também tenham acesso à arquitetura de qualidade e à dignidade na habitação de interesse social.

Nesse viés, uma habitação que seja elaborada focando em sua qualidade projetual e desempenho, que viabilize uma eficiência energética, que permita acesso fácil a bens, serviços e trabalho, é um avanço em direção a essa dignidade; dessa forma, com o projeto proposto foi possível conceber uma habitação com dimensões adequadas, que garantirá condições de higiene e conforto ao certificar o amplo acesso a iluminação e ventilação naturais, além de oportunizar a economia financeira com contas de energia e água, ou até mesmo, uma autonomia energética.

Sendo assim, a pergunta de Nabil Bonduki citada anteriormente se “É possível promover o amplo acesso à moradia sem sacrificar as qualidades arquitetônica e urbanística dos espaços populares?” ainda não pôde ser respondida no cenário brasileiro, no entanto, no âmbito teórico, foi possível sim conceber uma habitação popular que traria alguma qualidade de vida a mais para seus moradores sem apresentar um custo tão superior de execução, sendo, portanto, uma alternativa palpável.

Para mais, é possível afirmar que a arquitetura é tão mutável quanto o próprio ser humano, ela evolui conforme o tempo e a sociedade, logo, é impraticável definir qual seria a solução ideal para as questões de moradia. No

ISSN 2178-6925

entanto, considerando que nenhuma habitação está isolada do seu meio, há o desejo de prosseguir com o presente estudo na direção de um projeto com detalhamentos a nível urbano, pretendendo se aproximar, pouco que seja, de uma solução mais palpável e satisfatória para a adversidade que é o déficit habitacional brasileiro.

A aplicação dos Critérios da Certificação Ambiental LEED voltados à produção de Habitações de Mercado Popular mais sustentáveis e eficientes energeticamente ainda é um conceito pouco explorado no Brasil, mas que pode trazer benefícios tanto ambientalmente, visando a diminuição do uso de recurso naturais e de geração de poluentes, como para possíveis economias financeiras e melhoria na qualidade de vida da população usuária da arquitetura sustentável.

REFERÊNCIAS

BONDUKI, Nabil. **Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria**. 4ª edição, São Paulo, Estação Liberdade, 2004.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p.

BRASIL. **Caracterização e tipologia de assentamentos precários**: estudos de caso brasileiros. editores: Maria da Piedade Morais, Cleandro Krause, Vicente Correia Lima Neto. Brasília: Ipea, 2016, 540 p.

BUENO, Cristiane et al. **Análise da aplicação da certificação ambiental de edificações habitacionais leed for homes no contexto brasileiro**. USP, São Paulo, 2011.

CARDOSO, Adauto et al. **Habitação De Interesse Social: Política ou Mercado? Reflexos Sobre A Construção do Espaço Metropolitano**. In: ENANPUR, 14., 2011, Rio de Janeiro. Disponível em: https://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/683/669. Acesso em: 23 abr. 2024.

CARVALHO, Raquel Saravy de. **Potencial Econômico Do Aproveitamento De Águas Pluviais: Análise Da Implantação De Um Sistema Para A Região Urbana De Londrina**. UFPR, Apucarana, 2010.

ELETROBRAS (2019) **Pesquisas de Posse e Hábitos de Consumo de Energia (PPHs)** 2019. Procel Disponível em < https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx> Acesso em março de 2022.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, Déficit Habitacional e Inadequação de Moradias no Brasil. 2016-2019,Belo Horizonte .Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1MgenDRYIfH10aYirjRYIKwJGHwlxulGq/view

GUIMARÃES, Dalisson. **Viabilidade econômica para implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residência unifamiliar**. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

ISSN 2178-6925

LARANJA, Andréa; SILVA, Anna. **Uso de prateleiras de luz para melhoria do desempenho luminoso em ambiente escolar em Vitória, Espírito Santo**. Revista sítio novo, tocantis, v. 6, p. 58-68, mar 2022.

HOOD, Ernie. **Dwelling Disparities: How Poor Housing Leads to Poor Health. Environmental Health Perspectives**, EUA, v. 113, ed. 5, 2005. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257572/. Acesso em: 14 dez. 2022.

KATS, Gregory et al. **TORNANDO nosso AMBIENTE CONSTRUÍDO MAIS SUSTENTÁVEL: custos, benefícios e estratégias**. Estados Unidos: Island Press, 2010.

NBR 15220-3 (2005). **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**. 30p.

NBR 12721 (2006). **Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**.

PALMA, Rodrigo. **Habitação social e urbanismo sustentável: oferta de mobilidade urbana e a localização do programa minha casa minha vida na cidade do rio de janeiro**. Orientador: Pablo Cesar Benett. 2016. Dissertação de Mestrado (Arquitetura e urbanismo) - Ufrj, [S. l.], 2016.

RAEDER, F. Grottera, C.Rodrigues, N.; Melo, Y. (2022). **Mais peso no bolso: os efeitos da inflação dos energéticos no orçamento familiar das diferentes classes de renda**. Ensaio Energético, 20 de junho, 2022.

REIS, A. T. DA L.; LAY, M. C. D. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 99–119, jul. 2010.

SIQUEIRA, Maria da Penha Smarzaro. Metropolização, pobreza e exclusão social. **Revista Ágora**, Vitória, n. 7, 2008, p. 1-12.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. T**elhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. [S. l.: s. n.], 2009.