XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DOS REQUISITOS DE CONFORTO TÉRMICO PRESENTES EM CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS DE EDIFICAÇÕES COM APLICABILIDADE EM PROJETOS DE HABITAÇÕES POPULARES

Arthur Sato Gregorio (1); Hugo Sefrian Peinado (2)
(1) Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Maringá, arthursatog@gmail.com
(2) Prof. Me., Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, hspeinado2@gmail.com
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Arquitetura e Urbanismo/ Departamento de Engenharia Civil, Maringá–PR, Av. Colombo, 5790, Jardim Universitário, 87020-900, Tel.: (44) 3011-4322

RESUMO
Apesar da elaboração de políticas vinculadas a moradias da população de baixa renda, o Brasil possui um déficit habitacional alarmante, o que leva à necessidade de produção de habitações de interesse social (HIS) em larga escala. Nessas habitações, nota-se, dentre outras questões, um elevado consumo de energia para suprir as necessidades de conforto térmico do usuário, visto que estratégias nesse sentido geralmente não são pensadas durante a elaboração do projeto arquitetônico. Frente a essa temática, há diversas certificações que buscam classificar o nível de sustentabilidade das edificações e, naturalmente, um dos tópicos abordados é o conforto térmico. Dessa forma, o presente trabalho buscou identificar a aplicabilidade das premissas de sustentabilidade voltadas ao conforto térmico do usuário presentes nas certificações LEED BD+C v.4 e Casa Azul em projetos arquitetônicos unifamiliares de HIS. Para isso, foram identificados os requisitos que tratam do conforto térmico do usuário nessas certificações e, a partir deles, elaborou-se um projeto de HIS que permitisse a aplicação desses conceitos. Assim, pode-se concluir que há a possibilidade de atender aos requisitos de conforto térmico do usuário trazidos pelo selo Casa Azul e pela certificação LEED BD+C v.4 adotando-se estratégias projetuais na produção de HIS com esse foco.
Palavras-chave: Certificações de sustentabilidade; LEED BD+C v.4; Casa Azul; projeto arquitetônico sustentável; habitação de interesse social.

ABSTRACT
Brazil has an alarming housing deficit despite the elaboration of policies related to housing of the low income population, which leads to the necessity to produce social housing in large scale. In this housing, the high energy consumption is observed to supply the user's thermal comfort needs, because strategies in this sense were not thought during the elaboration of the buildings architecture project. Moreover, there are several certifications that have the purpose to classify the level of sustainability of buildings and, as it is known, one of the topics addressed in those is thermal comfort. Further, this work aim to identify the applicability of sustainability principles focused on the thermal comfort of the user present in the certifications LEED BD+C v.4 and Casa Azul in architectural projects of single-family social housing. For this, the requirements that refer to the thermal comfort of the user in these certifications were identified and, from them, a social housing architecture project was elaborated that allowed the application of these concepts. In summation, there is the possibility of reaching the user's thermal comfort requirements brought by the Casa Azul and by the LEED BD+C v.4 adopting project strategies with this focus in the production of social housing.
Keywords: Sustainability certifications; LEED BD+C v.4; Casa Azul; sustainable architecture project; social housing.

1. INTRODUÇÃO

Após a 2º Guerra Mundial, houve grande progressão do desenvolvimento industrial e, consequentemente, um êxodo rural e inchaço da população nos centros urbanos, que estimularam a expansão da malha urbana. Na busca por suprir o déficit habitacional observado a partir desse período, houve um aumento expressivo no consumo dos recursos naturais e geração de quantidades consideráveis de resíduos e de poluentes atmosféricos. O impacto ambiental resultante do setor da construção civil depende de toda uma cadeia produtiva: extração de matérias-primas, produção/transporte de materiais e componentes, projetos, execução (construção), práticas de uso e manutenção e, ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação dos resíduos gerados ao longo da vida útil (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Segundo Agopyan e John (2011), a conscientização acerca da sustentabilidade ambiental nesse setor começa a se destacar apenas a partir da década de 90. Nesse período, começam a surgir os primeiros sistemas de certificação de sustentabilidade de edificações, que consistem em um conjunto de parâmetros que busca orientar os projetistas a otimizar o desempenho das edificações e reduzir os impactos ambientais decorrentes das suas etapas construtivas.

No cenário nacional, o selo Casa Azul, criado em 2010 por meio de uma parceria entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Caixa Econômica Federal, apresenta posição de destaque já que foi o primeiro sistema de classificação de sustentabilidade voltado a edificações criado para a realidade nacional (PEINADO, 2014).

Dentre as diversas certificações existentes no contexto internacional, destaca-se a estadunidense LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) criada em 1993 pelo USGBC (*United States Green Building Council*), já tendo sido empregada em mais de 160 países. Ressalta-se que esse selo possui um sistema específico voltado a novas construções: BD+C v.4 (*Building Design and Construction*) (GBCBRASIL, 2019).

Ambas as certificações apresentadas possuem seus critérios de avaliação organizados em categorias específicas. A Tabela 1, elaborada a partir de John e Prado (2010) e GBCBrasil (2019), apresenta quais são essas categorias e o número de critérios presentes em cada uma delas.

Tabela 1– Categorias presentes no selo Casa Azul e na certificação LEED BD+C v.4.

	Casa Azul	**LEED BD+C v.4**
Categorias (nº de critérios)	- Qualidade urbana (5); - Projeto e conforto (11); - Eficiência energética (8); - Conservação de recursos materiais (10); - Gestão da água (8); - Práticas sociais (11).	- Localização e transporte/*Location and transportation* (8); - Terrenos sustentáveis/ *Sustainable sites* (13); - Uso racional da água/ *Water efficiency* (7); - Energia e atmosfera/ *Energy and atmosphere* (11); - Materiais e recursos/ *Materials and resources*(12); - Qualidade do ambiente interno/ *Indoor environmental quality* (12); - Inovação/ *Innovation* (2); - Prioridade regional/ *Regional priority* (1).
Total	53	66

Ao tratar da temática de habitação, observa-se que o Brasil possui um déficit habitacional considerável: em 2010, chegava a mais de 6,9 milhões de famílias, enquanto que, em 2014, este valor ainda se mostrava no montante de 6,2 milhões (FIEB, 2016). Nesse contexto, uma das formas do poder público aplicar sua função social é por meio da produção de habitações populares, tratadas como Habitação de Interesse Social (HIS).

Conforme destacado por Lucini (2003), a baixa qualidade construtiva das habitações populares e o não conhecimento das necessidades dos futuros moradores, faz com que muitas dessas edificações, voltadas ao público de baixa renda, apresentem falhas de desempenho severas e não tragam conforto aos usuários. Além disso, geram maior carga ambiental, por não contemplar aspectos voltados à sustentabilidade, tal como utilizar materiais duráveis e tecnologias construtivas que gerem menos resíduos e poluentes durante sua produção e transporte. A partir dessas considerações, dá-se ênfase no ganho pretendido com as certificações de sustentabilidade destinada às habitações populares, principalmente com o selo Casa Azul, que foi desenvolvido sobretudo para esse segmento. As práticas trazidas nessa certificação, conforme destacam John e Prado (2010), permitem o uso racionalizado de recursos naturais na construção, maior conforto ao usuário da edificação, redução de custos de manutenção, dentre diversos outros ganhos.

Uma das premissas observadas nas certificações ambientais é o conforto térmico do usuário, uma vez que a busca por estratégias que visam o conforto dos moradores é decisiva para práticas mais sustentáveis de edificações. Conforme a ABNT NBR 15220-1:2005, o conforto térmico é um conceito estabelecido como parâmetro subordinado ao bem-estar fisiológico (mais objetivo) e psicológico (subjetivo) do indivíduo em

relação às condições térmicas do ambiente em que está situado.

Algumas das estratégias projetuais para habitações com foco no conforto térmico dos moradores considerando premissas sustentáveis são: aquecimento solar com ganho direto ou indireto (efeito estufa por superfícies de vidro, materiais com maior resistência térmica, inércia térmica), massa térmica para aquecimento ou resfriamento, resfriamento evaporativo (incentivar o aumento da umidade relativa do ar, ex: áreas verdes), sombreamento (beirais, brises, elementos vazados), umidificação, ventilação natural (ventilação cruzada, efeito chaminé), aquecimento artificial (isolamento de paredes e coberturas para evitar perdas de calor), dentre outros (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; SILVA, 2004; SOUZA; RODRIGUES, 2012).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em identificar a aplicabilidade das premissas de sustentabilidade voltadas ao conforto térmico do usuário contidas nas certificações LEED BD+C v.4 e Casa Azul em projetos arquitetônicos unifamiliares de Habitações de Interesse Social.

3. MÉTODO

O método empregado para o desenvolvimento deste trabalho consistiu nas seguintes etapas principais: 1) Classificação dos parâmetros presentes na certificação LEED BD+C v.4 e no selo Casa Azul no que se refere à etapa da edificação ao qual eles se aplicam; 2) Identificação dos requisitos presentes nos selos voltados ao projeto arquitetônico da edificação que tratam do conforto térmico do usuário; 3) Elaboração de um projeto de HIS com aplicação de estratégias para atendimento aos requisitos de conforto térmico dessas certificações de sustentabilidade.

3.1. Classificação dos parâmetros sustentáveis conforme a sua etapa construtiva

Entendendo que o tipo de impacto ambiental gerado no setor da construção varia conforme o estágio da cadeia produtiva ao qual está atrelado, foram estabelecidas categorias baseadas nas etapas que envolvem a construção de um edifício para classificação de cada um dos critérios trazidos na certificação LEED BD+C v.4 e o selo Casa Azul, sendo elas:

- Projeto Arquitetônico (P.A.): itens que cabe ao arquiteto utilizá-los no projeto arquitetônico;
- Projeto Complementar (P.C.): itens de responsabilidade voltados a projetos que não são o arquitetônico (projeto estrutural, de instalação hidráulica, de instalação elétrica, de equipamentos como ar condicionados e de telefonia);
- Materiais (MAT.): itens que englobam a escolha e especificação de materiais, além de equipamentos e produtos que contribuem para a sustentabilidade (como, por exemplo, a escolha do tipo de lâmpadas que estarão na edificação);
- Execução (EXE.): itens que impactam diretamente no canteiro de obras, ou seja, no momento de execução da edificação. Essa é uma área que engloba a segurança no trabalho, gestão de resíduos e capacidade de reutilizar formas e escoras, por exemplo;
- Uso e Manutenção (U.M.): itens que dizem respeito à etapa iniciada após a entrega das chaves da edificação para o usuário, ou seja, são instruções sustentáveis que envolvem a orientação dos moradores e de suas manutenções para com a habitação;
- Outros (OUT.): itens que não se enquadram aos outros tópicos mencionados anteriormente.

É importante enfatizar que, quando um dos critérios presentes nos selos não se limitava apenas a uma dessas categorias, criou-se uma nova classificação com essa mescla de itens. Por exemplo, se um item se referia tanto ao projeto arquitetônico (P.A.) quanto aos projetos complementares (P.C.), este foi classificado como PA+PC. Dessa forma, tal etapa metodológica buscou filtrar quais dos critérios citados na certificação LEED BD+C v.4 e no selo Casa Azul são pertencentes ao projeto arquitetônico e, assim, estes foram analisados mais detalhadamente na etapa a seguir.

3.2. Identificação dos parâmetros sustentáveis referentes ao conforto térmico e à qualidade de ar interno

Após realizar a primeira etapa, foi executada uma nova análise dos critérios apresentados pelos selos sustentáveis. Todavia, dessa vez, o intuito foi de destacar os itens referentes ao conforto térmico e a qualidade de ar interno da edificação. Vale ressaltar que tal classificação, apesar de considerar a avaliação anterior (das etapas da cadeia produtiva), não utilizou esse processo a fim de descartar algum parâmetro, ou

seja, foram obtidos critérios voltados ao conforto térmico que eram aplicados durante o projeto arquitetônico, outros durante a execução da edificação e outros que englobavam desde o projeto arquitetônico até a escolha de materiais. Essa etapa teve como objetivo averiguar em qual estágio da cadeia produtiva existiam mais estratégias pertencentes ao conforto térmico e à qualidade de ar interno e, a partir delas, quais eram viáveis para se aplicar em um projeto arquitetônico.

3.3. Elaboração de um projeto de HIS adotando as estratégias sustentáveis de conforto térmico

Com as classificações feitas anteriormente, foi elaborado o projeto de uma Habitação de Interesse Social térrea unifamiliar em que se buscou empregar tais parâmetros escolhidos. Assim, foram implementadas soluções de projeto arquitetônico que buscaram atender à redução do impacto negativo da construção no meio ambiente e aos requisitos de desempenho e conforto térmico para os futuros residentes.

De modo que fosse possível a apresentação das soluções projetuais para a HIS sustentável, foi escolhido um terreno na cidade de Maringá-PR que integrasse a Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) para a locação do projeto proposto, conforme indicado na Figura 1. Com isso, foi possível estabelecer critérios físicos indispensáveis para o projeto arquitetônico, como o clima, a direção dos ventos predominantes, a insolação, a umidade, entre outros fatores.



Figura 1 - Localização da quadra escolhida a ser loteada em Maringá.

Assim, o programa de necessidades foi baseado em um número de ambientes mínimos para uma habitação social e com uma área próxima de 50m². Além disso, adotou-se como partido o emprego de soluções projetuais de baixo custo e que atendessem ao conforto térmico do usuário.

Sob essa ótica, o processo de elaboração do projeto arquitetônico teve como base a utilização de diversos *softwares* de modo que, primeiramente, foram feitos os desenhos técnicos a partir do *AutoCAD*®. Por conseguinte, utilizou-se o Fluxovento® para simular a ventilação nos ambientes internos e, dessa forma, localizar da melhor forma as aberturas presentes na habitação.

A próxima etapa foi a exportação do desenho técnico do *AutoCAD*® para o *Sketchup*®, a fim de modelar a volumetria da edificação e, assim sendo, analisar a insolação presente naquele terreno, além de simular a estética vigente do projeto. Por fim, foram elaboradas as imagens e foi utilizado o *Adobe Illustrator*® para gerenciar, organizar e criar as imagens/esquemas finais. O objetivo dessa etapa foi de demonstrar como é possível adotar tais premissas sustentáveis em um projeto arquitetônico residencial de baixa renda e de que maneira esse processo criativo é feito.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Ao aplicar os procedimentos metodológicos descritos no tópico anterior, foram obtidos os seguintes resultados: 1) Classificação dos requisitos do selo Casa Azul e da certificação LEED BD+C v.4 em relação a qual etapa de produção da edificação cada um se aplicava e identificação dos aspectos relacionados ao conforto térmico listados nessas certificações ambientais; 2) Elaboração de um projeto de HIS térrea unifamiliar com emprego das premissas sustentáveis focadas no conforto térmico do usuário.

4.1. Classificação dos requisitos especificados pela certificação LEED BD+C v.4 e pelo selo Casa Azul em relação às etapas de produção da edificação

O primeiro resultado obtido nesse trabalho foi uma classificação dos requisitos do selo Casa Azul e da certificação LEED BD+C v.4 em relação a qual etapa de produção da edificação cada um se aplicava, que é apresentado na Tabela 2. Assim, ao analisar cada certificação de maneira isolada, no selo Casa Azul, obteve-

se que 22,64% dos tópicos presentes referem-se exclusivamente ao "Projeto Arquitetônico"; 22,64% aos "Projetos Complementares"; 9,43% para "Materiais"; 13,21% para "Execução"; 9,43% para "Uso e Manutenção" e; 5,66% para "Outros". Vale ressaltar que os tópicos que foram classificados em mais de um item somam 16,98%, sendo que 13,21% deles impactam diretamente no projeto arquitetônico. Assim, no total, 35,85% dos critérios trazidos pelo selo Casa Azul interferem na concepção do projeto arquitetônico. No que se refere aos critérios voltados ao conforto térmico do usuário na edificação, há um total de 5 critérios no selo, representando 9,43% do total de itens especificados nele.

Nessa mesma perspectiva de análise, o LEED BD+C v.4 possui 16,67% tópicos que impactam exclusivamente na etapa de elaboração do "Projeto Arquitetônico"; 13,64% em "Projetos Complementares"; 6,06% em "Materiais"; 3,03% na "Execução", 3,03% no "Uso e Manutenção" e 13,6% em "Outros". Observa-se que os tópicos que foram classificados em mais de um item representaram 43,94% do total de critérios, sendo que 22,73% deles interferem na concepção do projeto arquitetônico. Assim, no total, 39,39% dos critérios trazidos pela certificação LEED BD+C v.4 interferem na concepção do projeto arquitetônico. Especificamente em relação aos critérios voltados ao conforto térmico do usuário na edificação, há um total de 7 critérios na certificação, representando 10,64% do total de itens trazidos por ela.

Tabela 2 - Quantificação dos requisitos trazidos pelo selo Casa Azul e certificação LEED BD+C v.4 conforme sua aplicabilidade nas etapas da cadeia produtiva da construção.

Classificação	**Selo Casa Azul**				**LEED BD+C v.4**			
	Avaliação geral dos critérios		Relacionados a Conforto Térmico aplicáveis a HIS		Avaliação geral dos critérios		Relacionados a Conforto Térmico aplicáveis a HIS	
	Q_{etapa}	P_T (%)	Q_{etapa}	P_T (%)	Q_{etapa}	P_T (%)	Q_{etapa}	P_T (%)
P.A.	12	22,64	2	3,77	11	16,67	1	1,52
P.A. + P.C.	4	7,55	3	5,66	6	9,09	2	3,04
P.A. + MAT.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
P.A. + EXE.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
P.A. + U.M.	-	-	-	-	2	3,03	-	-
P.A. + OUT.	2	3,77	-	-	2	3,03	-	-
P.A. + P.C. + MAT.	-	-	-	-	1	1,52	2	3,04
P.A. + MAT. + EXE.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
P.A. + EXE. + U.M.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
P.A. + OUT. + U.M.	1	1,89	-	-	-	-	-	-
P.C.	12	22,64	-	-	9	13,64	-	-
P.C. + MAT.	1	1,89	-	-	2	3,03	-	-
P.C. + U.M.	-	-	-	-	7	10,61	-	-
P.C. + MAT. + U.M.	-	-	-	-	2	3,03	-	-
MAT.	5	9,43	-	-	4	6,06	-	-
MAT. + EXE.	1	1,89	-	-	-	-		-
MAT. + U.M.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
EXE.	7	13,21	-	-	2	3,03	-	-
EXE. + U.M.	-	-	-	-	1	1,52	1	1,52
U.M.	5	9,43	-	-	2	3,03	1	1,52
U.M. + OUT.	-	-	-	-	1	1,52	-	-
OUT.	3	5,66	-	-	9	13,64	-	-
Total	53	100,00	5	9,43	66	100	7	10,64

Nota: Q_{etapa} = Quantidade de itens aplicáveis a essa etapa de produção/ uso da edificação; P_T = Percentual de participação dos critérios trazidos em relação ao total de critérios

Os critérios relacionados ao conforto térmico do usuário apresentados nessas certificações são trazidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios trazidos nas certificações de sustentabilidade Casa Azul e LEED BD+C v.4.

Critérios trazidos no selo Casa Azul relacionados ao conforto térmico
a*. Paisagismo (P.A. + P.C.); b*. Relação com a Vizinhança (P.A.); c*. Desempenho Térmico – Vedações (P.A. + P.C.); d*. Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos (P.A. + P.C.); e*. Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros (P.A.).
Critérios trazidos na Certificação LEED BD+C v.4 relacionados ao conforto térmico
a. Redução da área de projeção do estacionamento (P.A. + P.C.); b. Redução de ilhas de calor (P.A.); c. Desempenho mínimo da qualidade do ar interior (P.A. + P.C.); d. Estratégias avançadas de qualidade do ar interior (P.A. + P.C. + MAT.);

e. Plano de gerenciamento da qualidade do ar interior na construção (EXE. + U.M.); f. Avaliação da qualidade do ar interior (U.M.); g. Conforto térmico (P.A. + P.C. + MAT.).

Observa-se, nas Tabelas 2 e 3, 100,0% dos itens relacionados à essa temática no selo Casa Azul são direcionados à etapa de projetos, alguns exclusivamente direcionados ao arquitetônico e outros incluindo projetos complementares. Já em relação ao LEED BD+C v.4, 71,4% dos itens voltados ao conforto térmico do usuário na edificação (cinco dos sete itens) presentes na certificação remetem à etapa de concepção e elaboração dos projetos da edificação, sendo que alguns deles tratam exclusivamente do projeto arquitetônico e outros incluem o projeto arquitetônico e outra etapa de produção (projetos complementares e especificação de materiais).

Ao analisar os itens relacionados ao conforto térmico do usuário trazidos nas certificações em relação às estratégias projetuais direcionadas ao projeto de arquitetura trazidas pela literatura sobre a temática, observa-se que:

- A certificação Casa Azul engloba as principais estratégias de conforto térmico apontadas pela revisão de literatura realizada.
- A certificação LEED BD+C v.4, apesar de possuir um tópico denominado "Conforto Térmico" (em que cita que é necessário utilizar as normas ASHRAE, ISO e CEN), trouxe explicitamente apenas a ventilação natural (item "c" e "d"), o resfriamento evaporativo (item "a" e "b"), o sombreamento (item "b"), a massa térmica para aquecimento ou resfriamento (item "b") e o aquecimento artificial (item "g"). Seria ainda necessário incluir critérios voltados à umidificação e ao aquecimento solar com ganho direto ou indireto;

4.2. Projeto arquitetônico da HIS empregando as premissas sustentáveis de conforto térmico

Após a análise das certificações de sustentabilidade Casa Azul e LEED BD+C v.4, foram propostas estratégias projetuais que atendessem aos requisitos trazidos por elas no que se refere ao conforto térmico de HIS. Essas estratégias são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Estratégias projetuais voltadas ao Projeto Arquitetônico de edificações para o atendimento aos requisitos de sustentabilidade no que se refere ao conforto térmico (continua).

TÓPICO	ESTRATÉGIAS ADOTADAS
QUALIDADE DE AR INTERNO	- Diminuição de poluentes decorrente do estímulo do uso do transporte coletivo (item "b" do LEED BD+C v.4); - Ventilação natural e cruzada pela distribuição das aberturas (item "c", "d" e "g" do LEED BD+C v.4 e item "b*" e "e*" do Selo Casa Azul); - Facilidade de manutenção e limpeza (item "c" do LEED BD+C v.4).

Tabela 5 - Estratégias projetuais voltadas ao Projeto Arquitetônico de edificações para o atendimento aos requisitos de sustentabilidade no que se refere ao conforto térmico (continuação).

TÓPICO	ESTRATÉGIAS ADOTADAS
CONFORTO TÉRMICO	- Utilização de painéis de vedação em madeira nos ambientes de permanência (item c* do LEED BD+C v.4); - Piso ventilado (item "d" do LEED BD+C v.4); - Cobertura ventilada/bolsão de ar com desempenho térmico satisfatório (item "d" do LEED BD+C v.4); - Disposição dos ambientes em relação à orientação das fachadas (item "d*" do Selo Casa Azul). - Maximizar a área permeável do lote (item "b" do LEED BD+C v.4 e item "a*" do Selo Casa Azul).

Vale ressaltar que alguns tópicos relacionados ao conforto térmico citados nos selos de sustentabilidade são compatíveis com edificações de grande ou médio porte. Com isso, como esse trabalho envolve a escala de habitação de interesse social unifamiliar, não foram tratadas estratégias voltadas ao critério "redução na área de projeção do estacionamento" (item "a" do LEED BD+C v.4). Por fim, há outros tópicos que possuem uma abordagem mais técnicas e prática, voltada ao momento de execução, uso e manutenção da edificação e, dessa maneira, não são detalhados aqui por não comporem o escopo deste

trabalho, como “plano de gerenciamento da qualidade do ar interior na construção (item “e” do LEED BD+C v.4) e “avaliação da qualidade do ar interior” (item “f” do LEED BD+C v.4).

O projeto arquitetônico de HIS térrea unifamiliar elaborado atendendo aos requisitos apontados na Tabela 4 é apresentando nas Figuras 2 e 3. Por estar na Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) de Maringá-PR, que já possui infraestrutura consolidada, evita que sejam demandados mais investimentos nesse quesito para áreas ainda não consideravelmente urbanizadas, além de propiciar a redução dos vazios urbanos, o que influencia na ocupação do entorno e na geração de vitalidade para a região escolhida. Por conseguinte, optou-se por concretar apenas o essencial para o acesso do usuário à residência, ou seja, buscar manter a maior porcentagem de área permeável possível, já que, dessa forma, além de reduzir o impacto no ciclo hidrológico, desestimula a criação de ilhas de calor, mesmo que em pequena escala.



Figura 2 – Planta baixa da habitação popular sustentável.

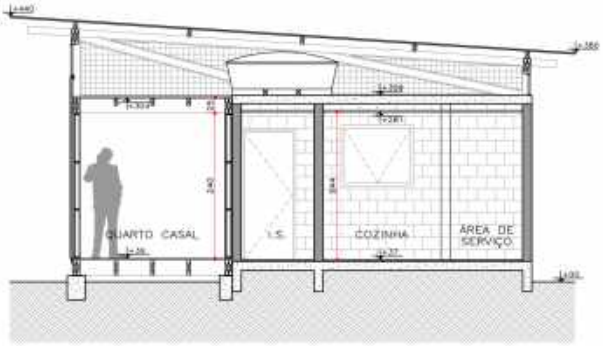

Figura 3 – Corte A da habitação popular sustentável.

Dado o enfoque desse trabalho nas estratégias projetuais sustentáveis voltadas para o conforto térmico, o macrotópico “Qualidade do ar interno” tem como uma das estratégias a escolha da localização da habitação na malha urbana: ao estimular os residentes a utilizar o transporte público, a emissão de poluentes é reduzida e, assim, uma parcela do ar evita tornar-se impura. Ainda, a distribuição de aberturas em paredes paralelas propicia uma potencialização da ventilação natural cruzada (Figura 4) no interior da habitação, já que é criada uma diferença de pressão em seu interior. Ressalta-se que as aberturas e a disposição dos ambientes buscaram priorizar a ventilação nos ambientes de permanência (quartos e sala), visto que cômodos, como o banheiro, não necessitam propiciar tanto conforto térmico, apenas trocas de ar para a sua renovação e salubridade. Dessa forma, as janelas dos ambientes de maior permanência estão nas direções predominantes de vento, ou seja, nas fachas nordeste e norte, conforme os dados extraídos do portal ProjetEEE (2019).

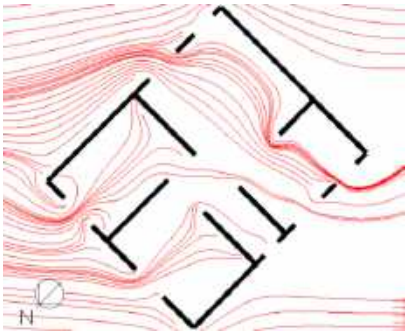

Figura 4 - Simulação da ventilação cruzada na HIS com uso do *software* Fluxovento®.

Uma das premissas para que o ar tenha boa qualidade é que a edificação não tenha pó acumulado. Assim, evitou-se a criação de nichos ou detalhes que pudessem dificultar a limpeza interna da residência, tendo superfícies lisas e contínuas. Ainda, por conta de a habitação estar elevada do solo (a fim de reduzir o contato da madeira com a umidade gerada por capilaridade e por respingos de água), tal fator retarda a entrada de poeira nos ambientes internos, quando comparada com a situação dela nivelada com o solo.

Atrelado ao macrotópico anterior, o “Conforto Térmico” tem como estratégia inicial, além da ventilação cruzada, a cobertura e o piso ventilados (Figura 5), o que favorece o resfriamento através das brisas. Ainda, tais camadas, com a presença de faces externas ventiladas, criam bolsões de ar que servem como isolante térmico.

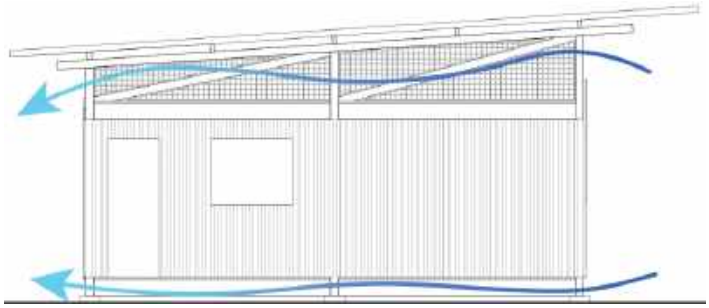

Figura 5 - Esquema da cobertura e do piso ventilados.

Em relação ao desempenho térmico das vedações, elaborou-se duas tipologias de painéis em madeira: o de fechamento externo (Figura 6) e o de fechamento interno (Figura 7). Nessa perspectiva, foi proposto que ambos tivessem a mesma largura (1,00 m) e altura (2,40 m), a fim de estimular a modulação, o uso de materiais inovadores e a racionalização no canteiro de obra. Todavia, tal solução projetual tem interferência significativa nos ganhos em conforto térmico da HIS unifamiliar.

Sob essa ótica, ao utilizar painéis em madeira, há uma contribuição para a diminuição do calor interno, visto que é um sistema leve e apresenta baixa capacidade térmica, ou seja, capacidade em armazenar e liberar calor, o que contribui para o atraso térmico (PAPST, 1999). Além disso, de acordo com a ABNT NBR 15220-1:2005, por conta desse tipo de vedação apresentar uma camada de ar aprisionada, tal camada pode ser desconsiderada, uma vez que sua densidade não é significante (ρ = 1,2 kg/m³) e, dessa forma, a capacidade térmica do painel é reduzida ainda mais.

Ademais, segundo Giglio (2005), outra propriedade a ser ressaltada nessa solução projetual é a de alta resistência térmica (resistência do material à passagem de calor), que se dá em função de tanto a madeira quanto a câmara de ar apresentarem uma baixa condutividade de calor. Dessa forma, como a cidade de Maringá-PR, de acordo com Koppen (1948) e Tamanini (2002), apresenta um clima tipo Cfa, subtropical úmido de altitude, com verões quentes e geadas pouco frequentes, concentração das chuvas nos meses de verão e um alto nível de radiação solar durante o ano todo, Givoni (1976) recomenda que a capacidade térmica nas edificações seja baixa a fim de prevenir o aumento da temperatura noturna decorrente da liberação do calor acumulado durante o dia.

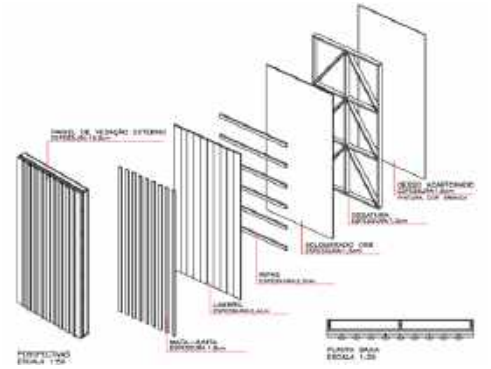

Figura 6 – Painel de vedação externo proposto.

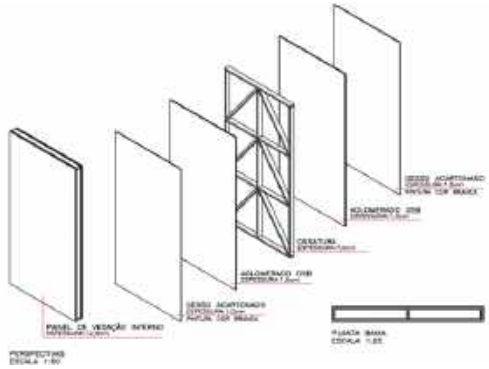

Figura 7 – Painel de vedação interno proposto.

No que se refere ao desempenho térmico da cobertura, além das recomendações propostas pelos selos ambientais, optou-se por escolher um sistema composto por telha de fibrocimento e forro de madeira, que atende ao requisito de transmitância térmica (único requisito de desempenho térmico trazido para sistemas de cobertura) estabelecido pela ABNT NBR 15575-1:2013, a saber: dada a Zona Bioclimática 3 em que Maringá se encontra (conforme nota técnica publicada em 2011 pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações retificando a ABNT NBR 15220-3:2005), a transmitância térmica do sistema de cobertura deverá ser inferior a 2,3 W/(m²K), quando a absortância (α) for interior a 0,6. Conforme aponta LabEEE (2013), o sistema de cobertura na composição proposta apresenta transmitância térmica equivalente a 2,02 W/(m²K) (Figura 8), atendendo ao requisito trazido pela ABNT NBR 15575-1:2013. Para atender ao parâmetro de absortância, é necessário que a telha de fibrocimento receba pintura empregando cores claras, como pintura acrílica fosca cor areia (α = 0,449) ou acrílica semi-brilho cor flamingo (α = 0,473), por exemplo (valores obtidos de LabEEE (2013)).

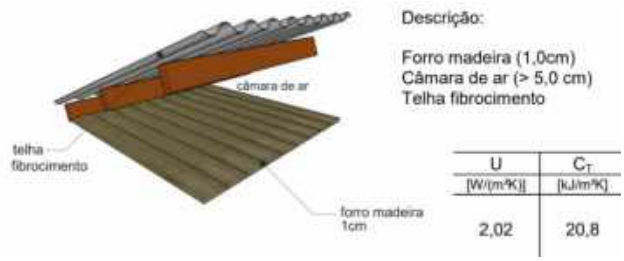

Figura 8 - Sistema de cobertura proposto para a habitação.

Por fim, os ambientes internos foram distribuídos de modo que aqueles destinados à permanência não tivessem aberturas na fachada oeste, uma vez que é onde há maior incidência de raios solares diretos e, ainda, no período do dia em que esses raios solares são mais intensos. Dessa forma, a cozinha/lavanderia são os únicos cômodos que tem a abertura para oeste, visto que são locais úmidos (necessitam de iluminação direta para evitar a procriação de fungos), nos quais a permanência é reduzida.

De uma forma geral, a partir do projeto da HIS desenvolvido, observou-se que é possível a aplicação de estratégias na elaboração dos projetos dessas habitações com foco no atendimento aos requisitos de conforto térmico do usuário tratadas no selo Casa Azul e na certificação LEED BD+C v. 4.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de entender que a sustentabilidade deve permear todas as etapas que envolvem a edificação (do projeto à etapa de reabilitação/demolição), compreende-se que para que uma edificação atenda aos preceitos de sustentabilidade, deve-se implementar as premissas sustentáveis já na etapa de concepção e elaboração dos projetos. No que se refere especificamente ao conforto térmico, observa-se que 9,43% dos critérios do selo Casa Azul abordam essa temática, sendo que todos esses critérios deverão ser considerados na elaboração do projeto arquitetônico. Já na certificação LEED BD+C v.4, 10,67% dos critérios trazidos na certificação tratam do conforto térmico do usuário, sendo que, desse total, 71,4% deverão ser atendidos na etapa de projeto. De forma geral, observa-se a expressividade do conforto térmico dentro das certificações ambientais, o que evidencia que tal temática possui grande importância na busca pela sustentabilidade de edificações. Essa relevância se dá em função de que um projeto arquitetônico, ao levar em conta o conforto térmico do usuário, pode proporcionar uma eficiência energética considerável, dispensando ou reduzindo o uso de estratégias artificiais de ventilação e, ainda, propicia ar interno de qualidade para o usuário.

Com a realização dessa pesquisa, verificou-se também que há a possibilidade de atender aos requisitos de conforto térmico do usuário trazidos pelo selo Casa Azul e pela certificação LEED BD+C v.4, adotando-se estratégias projetuais na produção de HIS com esse foco. Sob essa ótica, foram trazidas oito soluções de projeto arquitetônico voltadas para o conforto térmico (macrotópicos "Qualidade do ar interno" e "Conforto térmico") para HIS, são essas: diminuição de poluentes decorrente do estímulo do uso do transporte coletivo; ventilação natural pela distribuição das aberturas; facilidade de manutenção e limpeza; utilização de painéis de vedação em madeira nos ambientes de permanência; piso ventilado; cobertura ventilada/bolsão de ar; disposição dos ambientes em relação à orientação das fachadas; maximizar a área permeável do lote.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico para edificações – Parte 1: terminologia, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico para edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

COSTA, L. C. N. **Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracaju – SE**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA – FIEB. **Levantamento inédito mostra déficit de 6,2 milhões de moradias no Brasil**. São Paulo, 2016. Disponível em: http://www.fiesp.com.br/noticias/levantamento-inedito-mostra-deficit-de-62-milhoes-de-moradias-no-brasil/. Acesso em: 20 fev. 2019.

GIGLIO, T. G. B. **Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. London: Applied Science, 1976.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

KOPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economia, 1948. 478p.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES – LABEEE. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Florianópolis, 2013. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/AnexoVRAC_CatalogoPropriedadesTermicas%20v03SET2013.pdf. Acesso em: 22 fev. 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 22 jan. 2019.

LUCINI, H. C. **Habitação Social: Procurando Alternativas de Projeto.** 1. ed. Itajaí: Univali, 2003.

PAPST, A.L. **Uso de inércia térmica no clima subtropical:** Estudo de caso em Florianópolis, SC. 1999. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PEINADO, H. S. **Análise de critérios relacionados às estruturas em concreto armado para certificações ambientais de edificações**. 2014. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Maringá**. Disponível em: http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=PR+-+Maring%C3%A1&id_cidade=bra_pr_maringa.ap.868990_try.1991. Acesso em: 12 abr. 2019.

SILVA, A.C.S.B. **Simulação de resfriamento evaporativo por microaspersão d'água**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SOUZA, H. A.; RODRIGUES, L. S. Ventilação natural como estratégia para o conforto térmico em edificações. **Revista Escola de Minas** [online]. v.65, n.2, 2012. pp.189-194.

TAMANINI, C. A. M**. Avaliação de desempenho térmico de três sistemas construtivos de edificações escolares na cidade de Maringá – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.