



Sustentabilidade e os sistemas construtivos para Habitação de Interesse Social em Cuiabá-MT

Sustainability and building systems for social housing in Cuiabá-MT

Sostenibilidad y sistemas de construcción de viviendas sociales en Cuiabá-MT

Priscilla Tábida Silva Enoré

Graduada em Arquitetura e Urbanismo, Aluna Mestrado, UNIVAG, Várzea Grande, Brasil
prienore0@gmail.com

Natallia Sanches e Sousa

Doutora em Física Ambiental, Professora, UNIVAG, Várzea Grande, Brasil
natallia@univag.edu.br

Marlon Leão

Doutor em Engenharia Civil, Professor, UNEMAT, Sinop, Brasil
leao@unemat.br



RESUMO

A busca por materiais e por sistemas construtivos sustentáveis, se faz cada dia mais necessário. Considerando a Habitação de Interesse Social (HIS), há uma padronização por meio da utilização de materiais e técnicas construtivas tradicionais, ademais não se atentam as características climáticas do local de implantação. Estes materiais e sistemas construtivos não proporcionam conforto térmico ao usuário e não contribuem com a sustentabilidade. Sendo assim, esta pesquisa justifica-se, devido a necessidade de entendimento dos sistemas construtivos considerando a possível melhoria relacionada ao conforto térmico que os materiais e sistemas construtivos sustentáveis podem proporcionar. O artigo tem como objetivo, analisar materiais e sistemas construtivos sustentáveis, que contribuam com o conforto térmico e a sustentabilidade das HIS no contexto da cidade de Cuiabá. O trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, com pesquisas feitas em artigos científicos, que abordam questões quanto ao conforto térmico, o clima da cidade de Cuiabá e os materiais e técnicas construtivas sustentáveis. Sendo assim, foram analisados dois materiais/sistemas construtivos, sendo eles o Insulated Concrete Form (ICF) e o tijolo de solo cimento. Foi possível perceber, tendo em vista o clima da cidade de Cuiabá, que esses materiais contribuem com a melhoria do conforto térmico e com a sustentabilidade, ainda que sejam necessários mais estudos na área e que tenham desafios a serem enfrentados, com a política habitacional por exemplo, que dificulta a utilização desses materiais.

PALAVRAS-CHAVE: padronização; técnicas construtivas; conforto térmico; solo cimento; sistema ICF.

ABSTRACT

The search for sustainable building materials and systems is becoming increasingly necessary. When it comes to Social Housing (HIS), there is standardization through the use of traditional materials and construction techniques, which do not take into account the climatic characteristics of the location. These materials and construction systems do not provide thermal comfort to the user and do not contribute to sustainability. Therefore, this research is justified by the need to understand building systems, considering the possible improvement in thermal comfort that sustainable building materials and systems can provide. The aim of this article is to analyze sustainable building materials and systems that contribute to the thermal comfort and sustainability of social housing in the context of the city of Cuiabá. The work is a literature review, with research carried out on scientific articles that address issues of thermal comfort, the climate of the city of Cuiabá and sustainable construction materials and techniques. Two building materials/systems were analyzed, Insulated Concrete Form (ICF) and soil cement brick. It was possible to see, in view of the climate of the city of Cuiabá, that these materials contribute to improving thermal comfort and sustainability, although more studies are needed in the area and there are challenges to be faced, such as housing policy, which hinders the use of these materials.

KEYWORDS: standardization; construction techniques; thermal comfort; oil cement; ICF system.

RESUMEN

La búsqueda de materiales y sistemas de construcción sostenibles es cada vez más necesaria. Cuando se trata de Viviendas de Protección Oficial (VPO), existe una estandarización mediante el uso de materiales y técnicas constructivas tradicionales, que no tienen en cuenta las características climáticas del lugar. Estos materiales y sistemas constructivos no proporcionan confort térmico al usuario y no contribuyen a la sostenibilidad. Por lo tanto, esta investigación se justifica por la necesidad de comprender los sistemas de construcción, teniendo en cuenta la posible mejora del confort térmico que pueden proporcionar los materiales y sistemas de construcción sostenibles. El objetivo de este artículo es analizar materiales y sistemas constructivos sostenibles que contribuyan al confort térmico y a la sostenibilidad de la vivienda social en el contexto de la ciudad de Cuiabá. El trabajo es una revisión bibliográfica, con investigación realizada sobre artículos científicos que abordan cuestiones de confort térmico, el clima de la ciudad de Cuiabá y materiales y técnicas de construcción sostenibles. Se analizaron dos materiales/sistemas constructivos, el Insulated Concrete Form (ICF) y el ladrillo de suelo cemento. Se pudo comprobar, teniendo en cuenta el clima de la ciudad de Cuiabá, que estos materiales contribuyen a mejorar el confort térmico y la sostenibilidad, aunque se necesitan más estudios en el área y existen desafíos a enfrentar, como la política habitacional, que dificulta el uso de estos materiales.

PALABRAS CLAVE: estandarización; técnicas constructivas; confort térmico; cemento óleo; sistema ICF.



1 INTRODUÇÃO

Toda construção está sujeita à interferência do clima, principalmente quando a mesma não é levada em consideração na hora da sua construção, deixando de se pensar em questões quanto ao conforto térmico e a sustentabilidade da edificação. Nas habitações de interesse social não é diferente, na verdade o desafio é ainda maior. O uso de materiais e técnicas que pensem nessas questões, são essenciais em projetos habitacionais de baixa renda.

Para Paulo (2022), é possível observar, a partir do acentuado déficit habitacional brasileiro, a existência relevante de pesquisas em universidades brasileiras e em institutos de pesquisas, sobre a procura por sistemas construtivos alternativos em habitação, que estão geralmente relacionadas a conceitos de reutilização de subprodutos de vários materiais utilizados na construção civil, como os entulhos de construção. Entretanto, mesmo que se prove a qualidade e o desempenho desses sistemas, eles tendem a ser rejeitados e dessa forma não estão sendo consolidados no mercado como o sistema construtivo tradicional.

No Brasil, conforme Santana *et al.* (2020), empresas e construtoras partem de uma linha de construção resistente a novos meios de produção, com isso optam sempre pela alvenaria convencional, de tijolos assentadas com argamassa. Sendo esse sistema utilizado, em grande parte pelo custo da mão de obra, uma vez que a mão de obra desse sistema não necessita ser tão qualificada como os outros métodos.

Ao tratar de materiais que contribuem quanto ao conforto térmico e com a sustentabilidade, conforme Paulo (2022), o sistema construtivo que utiliza o material EPS (poliestireno expandido), pode ser uma alternativa, por ser um material com bom desempenho térmico, durável e sustentável, é um material não inerte e não tóxico, tendo assim, um processo industrial com danos ambientais reduzidos.

Outro material adequado quanto ao conforto térmico, de acordo com Enoré *et al.* (2023), são os sistemas que utilizam o solo, como o tijolo de solo cimento, que proporcionam conforto térmico à edificação, deixando no período de maior calor o ambiente interno mais fresco, que se apresenta como uma vantagem quando se trata da cidade de Cuiabá, que possui clima quente praticamente ano todo. Assim, como também contribui com a sustentabilidade, já que em seu processo não utiliza a queima, entre outros fatores.

Conforme Vasconcelos *et al.* (2022), O sistema tradicional da construção em alvenaria e concreto, produz grande volume de resíduos, que em sua maioria serão descartados, descarte esse muitas vezes de forma criminosa. Essa circunstância pode colaborar com a degradação do meio ambiente, devido a falta comprometimento com quesitos sustentáveis, seja pela escolha dos processos construtivos ou pelos materiais.

A padronização das habitações de interesse social, apresenta-se como uma problemática, com a utilização de materiais e técnicas construtivas de pouca eficiência em relação ao conforto térmico do ambiente interno. Conforme Enoré *et al.* (2023), também quanto sustentabilidade, tendo em vista que o sistema construtivo tradicional em alvenaria e concreto, contribui como o desperdício de recursos, com o uso excessivo de cimento, sendo a indústria deste, uma grande contribuidora para a poluição do meio ambiente, emitindo gases poluentes.



A utilização de materiais e técnicas construtivas sustentáveis que sejam adequados e pensados de acordo com o clima da região em que a habitação está localizada, podem amenizar o desconforto térmico que acometem também as HIS e contribuem com a sustentabilidade, ao se usar materiais que gerem menos impactos ambientais.

O objetivo do trabalho então, é analisar materiais/sistemas construtivos sustentáveis que proporcionem melhoria do conforto térmico em habitação de interesse social no contexto da cidade de Cuiabá-MT, e dessa forma, analisar também as vantagens dos materiais sustentáveis em comparação com o sistema construtivo tradicional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A questão habitacional e a sustentabilidade

O número é cada vez maior de problemas relacionados com a intensa urbanização nas cidades. Conforme Santos e Santana (2017), junto disso, vem outros fatores como as condições precárias de habitação. Em contrapartida, o planeta passa por uma crise ambiental, com alterações climáticas causadas pela devastação do meio ambiente.

Conforme os Objetivos de desenvolvimento sustentável-ODS estabelecida pela Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU), mais especificamente a ODS 11 que trata das cidades e comunidades sustentáveis, visa torna-las mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (NAÇÕES UNIDAS BRASIL).

A ODS 11.1 visa, garantir o acesso de todos à uma habitação que seja segura, adequada e com preço acessível e também quanto os serviços básicos, até o ano de 2030. A ODS 11.3 busca aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, assim como as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis.

Mediante isso, o desenvolvimento Sustentável, indica a continuidade do crescimento em favor das nações que ainda estão em desenvolvimento, entretanto, respeitando os limites do consumo e exploração dos recursos naturais. Então, com o intuito de diminuir os impactos ambientais, medidas mitigadoras precisam ser adotadas (Santos; Santana, 2017).

O déficit habitacional no Brasil, é um problema que atinge o país já a algumas décadas, onde os Programas de Habitação Popular, não estão conseguindo corresponder o direito a casa própria de muitas famílias. Sendo assim, muitos acabam por ir morar de maneira irregular (Paulo, 2022).

A grande produção de habitações de interesse social, de acordo com Paulo (2022), se refere mais a uma questão quantitativa do que qualitativa, onde as habitações são feitas de forma padronizada, sem considerar fatores como o clima, ventilação e qualidade estrutural e do ambiente interno e externo.

Os conjuntos habitacionais, devido ao histórico dos empreendimentos de HIS do passado, ficaram estigmatizados como produtos de baixa qualidade, com elevado custo de manutenção. Caracterizados pela repetição de “casinhas amontoadas”, longes dos centros urbanizados, com pouca infraestrutura, necessária para promover qualidade de vida aos seus usuários (Santos; Santana, 2017).

Conforme Ferreira (2015), o custo é o fator que vai nortear e justificar o fato de se adotar determinados padrões construtivos. Quando relacionado a projeto e construção de HIS,

em regra, esse fator é predominante, o que resulta em produtos finais que não são conseguem atender aos padrões mínimos de conforto esperado.

De acordo com Paulo (2022), esse cenário habitacional, não ocorre de modo diferente no Estado de Mato Grosso, visto que as condições políticas e econômicas interferem significativamente no campo da habitação. Para Guarda et,al (2018), o problema da habitabilidade das habitações das HIS é ainda maior no estado, tendo em vista a questão climática, que se apresenta por meio de elevadas temperaturas que acomete praticamente o ano todo.

Diante disso, de acordo com Guarda *et al.* (2018), deve-se mitigar o rigor climático, com estratégias que adequem as edificações de acordo com o clima, para que ocorra a minimização do uso veemente de sistemas que não contribuem quanto ao conforto térmico e com a sustentabilidade das habitações.

A indústria da Construção Civil, está entre as que mais consomem recursos naturais e também transforma o ambiente natural em ambiente construído, então Santos e Santana (2017) diz que, se essa indústria, desenvolvesse e optasse por materiais de construções que não causem tanto impacto ambiental, poderia ser possível reduzir o impacto produzido, consideravelmente.

2.2 Localização e clima

Conforme o IBGE (2022), Cuiabá (Figura 1) é a capital do Estado de Mato Grosso, situado na região Centro-Oeste do Brasil, a 15° 10' e 15° 50' de latitude sul e 50° 50' e 50° 10' de longitude oeste. Sua área territorial é de, 4.327,448 km², com densidade demográfica de, 150,41 hab/km² e população estimada de 650.877 pessoas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A cidade está localizada em uma depressão, com a predominância de relevos de baixa amplitude, onde o clima predominante é tropical continental, sendo também definido como “quente-úmido” e “quente-seco” (Cuiabá 2012).

O período chuvoso se concentra entre os meses de outubro a maio, o período seco estende-se de junho a setembro, onde as massas de ar seco sobre a região, dificultam a formação de chuvas e com isso reduz a umidade relativa do ar. Durante o inverno, ocorrem frentes frias vindas do Sul, entretanto possuem curta duração. A temperatura habitual, tem em média de 24°C e máxima absoluta que pode atingir 40°C (Cuiabá, 2012).



O que contribui com o desconforto térmico da população durante quase todo ano é a junção da diminuição da umidade do ar, que por vezes está abaixo de 15%, das ilhas de calor no centro da cidade e o acúmulo de fumaça proveniente das queimadas urbanas e entorno, o que resulta em impactos negativos à saúde (Cuiabá 2012).

A partir de vários estudos na área da climatologia percebe-se que, a temperatura tem aumentando consideravelmente nos últimos anos na cidade de Cuiabá.

De acordo com Rosso e Enoré (2023), nos anos de 2020 a 2023 aumentou expressivamente a ocorrência de eventos extremos de temperatura, em 2020 foi ainda mais significativa, devido ao expressivo número de focos de queimadas. Entretanto, no ano de 2023, que passou por análise até o mês de outubro, a temperatura do ar apresentou aumento, semelhante ao ano de 2020.

2.3 Estratégias de condicionamento térmico para o clima de Cuiabá

De acordo com a NBR 15220, devido ao clima que possui diferenças em cada região, o território brasileiro foi dividido em 8 zonas relativamente homogêneas. Para cada uma delas, foi realizado um conjunto de recomendações referente as técnicas construtivas, com o objetivo de contribuir quanto ao desempenho térmico das edificações, por meio de uma adequação climática. Cuiabá se encontra na zona climática 7.

Conforme a NBR 15220, que trata do desempenho térmico de edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, as diretrizes construtivas para a zona bioclimática 7, quanto a ventilação, é de que as aberturas devem ser pequenas e deve ter sombreamento. Para se obter a ventilação cruzada, é necessário que o ar circule pelo ambiente, desse modo, se o ambiente possui janelas em apenas em uma das fachadas, a porta deve ficar aberta para permitir a ventilação cruzada.

Referente as vedações a parede e a cobertura devem ser pesadas, para a obtenção de temperaturas internas mais agradáveis, uma opção é por meio do uso de paredes externas e internas e coberturas que possuam maior massa térmica, para que o calor que está armazenado no interior durante o dia possa ser devolvido ao exterior na parte da noite. (NBR 15220, 2005).

De acordo com Leão (2007), a zona bioclimática 7 equivale a zona de Massa térmica para Aquecimento. Desse modo, a transmissão de calor por meio de um corpo (inércia térmica), pode ser uma estratégia para bloquear ou permitir a passagem de calor pela parede da edificação ao receber radiação solar.

Relacionado ao resfriamento térmico do ambiente interno, a massa deve ser espessa, assim a transmissão de calor de fora para dentro será retardada, a parede terá maior atraso térmico. Então, é importante também, a inércia térmica associada ao tipo de material empregado (Leão, 2007).

2.4 Conforto Térmico em habitações

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), Uma avaliação de desempenho térmico em edificações, pode ser realizada ainda em sua fase projetual e após a construção. Tratando-se da edificação construída, essas avaliações podem ser feitas por meio de medições *in loco* de



variáveis representativas do desempenho. Na fase de projeto, pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

O conforto térmico possui como principais variantes climáticas a temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar incidente. Assim se relaciona com regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, e características locais que pela presença do ser humano, podem passar por alterações (Frota, 2001).

De acordo com Frota (2001) a arquitetura tem com função atender ao homem e quanto ao seu conforto, desse modo abrangendo o conforto térmico. Então a arquitetura precisa atender as condições térmicas no interior das construções, de forma que seja compatível com o conforto térmico humano, independente de quais sejam as condições climáticas externas, ou seja, considerando que cada região possui um clima diferente e dessa forma as construções devem ser pensadas e planejadas de acordo com o clima do local.

As condições de conforto térmico fazem parte de uma série de variáveis. Como avaliação dessas condições, o indivíduo deve estar vestido apropriadamente e sem problemas de saúde. Sabe-se que, as condições ambientais possíveis de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido são diferentes das que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco, assim como em habitantes de regiões de clima de clima temperado ou frio. (Frota, 2001).

Desse modo, ter o conhecimento sobre o clima do local, junto dos mecanismos de trocas de calor e de como os materiais se comportam termicamente, permite que a arquitetura intervenha de forma consciente, de forma que, seja possível agregar os dados quanto ao meio ambiente externo e fazer uso do que o clima pode oferecer, que seja agradável e que possa amenizar quanto aos aspectos negativos (Frota, 2001, p. 23)

Conforme Alves e Carvalho. (2023), a radiação solar, ao incidir sobre os elementos urbanos, pode ser absorvida ou refletir de volta para a atmosfera. Ao se pensar em situações que contribuam quanto ao desconforto térmico, as superfícies de solo sem cobertura natural; áreas urbanas concentradas; construções civis com cores que não são adequadas quanto ao conforto térmico; pavimentação urbana, podem contribuir para que a capacidade de refletividade da radiação solar seja menor, e desse modo, poderá provocar o aumento da temperatura no local.

Para Ferreira (2015), pode se perceber o conforto de uma habitação, por todos os nossos sentidos. Sendo assim, o controle das condições de conforto que o ambiente construído deve receber, está inserido na arquitetura, onde deve fazer parte de todos os tipos de projetos, inclusive para os que são direcionados a habitação de interesse popular. Tendo visto que o Brasil, um dos países mais provedores de habitações de interesse social, proporcionar conforto habitacional, deveria estar entre os principais objetivos.

Então de acordo Paulo (2022), compreender os fatores externos e internos da edificação, pode ter influência seja direta ou indiretamente quanto ao desempenho térmico das habitações, o uso de materiais e sistemas construtivos eficientes podem contribuir para a melhoria do conforto térmico.

3 MÉTODO



O artigo, por se tratar de uma revisão bibliográfica, foi desenvolvido por meio de pesquisas em artigos científicos.

Os autores citados nos resultados, tem suas pesquisas voltadas para diferentes cidades. Entretanto, buscou-se autores que tratavam sobre os sistemas ICF e o tijolo de solo cimento, voltado para climas quentes e que mostram o desempenho térmico dos sistemas pensando na melhoria do conforto térmico dos ambientes. Mesmo não sendo estudos voltados para a mesma zona bioclimática de Cuiabá, os sistemas construtivos estudados se mostram bons referente a inércia térmica, sendo essa uma das principais estratégias bioclimáticas para a cidade de Cuiabá.

Então foram citados como principais autores na pesquisa, Paulo (2022), que fez os estudos do sistema construtivo ICF para a cidade de Guarantã do Norte-MT; Nunes (Nunes 2022), voltado para a cidade de São Paulo e Vasconcelos (2022), com estudos sobre o tijolo de solo cimento direcionado para a cidade de Santana do Araguaia-PA.

4 RESULTADOS

4.1 Problemáticas dos sistemas construtivos sustentáveis

Tem se apresentado, vários materiais e sistemas construtivos alternativos e sustentáveis, de acordo com Paulo (2022), como meio de substituir os sistemas tradicionais existentes.

Entretanto, esses novos sistemas enfrentam uma grande dificuldade: a falta de referencial normativo no que diz respeito à certificação, em nível nacional ou municipal, com o código de obras, que geralmente não permitem o uso desses novos sistemas construtivos, o que por sua vez, pode acarretar na restrição da construção em larga escala, o que também afeta os programas habitacionais (Paulo, 2022).

Dificuldades também relacionadas aos entraves que alguns sistemas sustentáveis possui, como a aceitação no caso de sistemas que utilizam a terra crua, devido ao preconceito, por remeterem o uso da terra a construções precárias.

As construtoras segundo Vasconcelos et al. (2022), deveriam ter também como compromisso social, a especificação de alternativas que agredam menos o meio ambiente, do planejamento de obras, o transporte assim como a logística do descarte de modo consciente dos resíduos gerados, bem como a realutilização de recursos hídricos.

4.2 Materiais e sistemas construtivos

Entre os materiais e sistemas construtivos sustentáveis existentes, serão abordados dois: O sistema insulate concrete forms-ICF, que utiliza formas de Poliestireno-EPS e é um material reciclável. Desse modo será apresentado autores que mostram a sua eficiência quanto o conforto térmico.

Da mesma forma, o outro sistema construtivo apresentado tendo o mesmo viés, utiliza o tijolo de solo cimento, onde o solo é o principal material, sendo feito por prensa, sem precisar da queima.

Tendo em vista as questões apresentadas, será exposto, de acordo com alguns autores, esses dois sistemas que contribuam com o conforto térmico e a sustentabilidade em habitação de interesse social, adequados para o clima da cidade de Cuiabá.

4.2 Insulated concrete forms-ICF

O sistema ICF, de acordo com Paulo (2022) é um método construtivo, no qual se utilizam formas feitas de poliestireno expandido-EPS (Figura 2).

Figura 2 – Formas de EPS



Fonte: Acervo da autora, 2020.

São unidades modulares, com encaixes macho e fêmea, que são preenchidas com concreto armado (Figura 3). Esse encaixe das unidades, criam uma forma para as paredes ou pisos estruturais, como se fossem legotijolos (Paulo, 2022).

Figura 3 – Sistema construtivo ICF



Fonte: civilizacaoengenharia. Editado pela autora, 2023.

Referente ao processo de execução, Paulo (2022), diz que o sistema tem como característica a praticidade e agilidade no canteiro de obras e tem como etapas; fundação, assentamento das formas, concretagem, chapisco, reboco, pintura e revestimentos.

De acordo com Paulo (2022), por meio de dados, obtidos por estudos feitos com protótipos, na cidade de Guarantã do Norte o sistema ICF, apresentou diferença referente ao desempenho térmico, quando comparado com o sistema construtivo tradicional de tijolo cerâmico, dentro dos aspectos de desempenho térmicos.

Com as análises dos protótipos, por meio das leituras das temperaturas, comparando com o sistema convencional de tijolo cerâmico de 6 furos, foi possível chegar a algumas conclusões. O sistema ICF, permitiu aos protótipos, manter uma temperatura estável em seus



interiores ao longo do dia, com uma boa capacidade de conservação de temperatura ambiental. Então, além de bom isolante térmico, o sistema conserva a temperatura interna (Paulo, 2022).

Por meio da aferição, com o uso do termômetro laser infravermelho, foi obtido um resultado satisfatório, o sistema construtivo ICF, apresentou menor transmitância térmica em suas camadas ao comparado com o tijolo cerâmico (Paulo, 2022).

Entretanto, Paulo (2022) diz, que por meio dos estudos, se obteve a identificação da elevação de temperatura externa nos dois protótipos analisados, com os registros pela câmera termográfica. Dessa forma seria necessário uma análise mais específica para poder compreender melhor essa intervenção climática em edificações de pequeno porte.

Contudo, referente a proposta de se comparar o sistema construtivo ICF, com o sistema tradicional de tijolo cerâmico, quando ao desempenho térmico, o ICF se destacou pela ótima capacidade de isolamento térmico e conservação de temperatura no ambiente interno (Paulo, 2022).

Em comparação ainda do ICF em relação ao Tijolo cerâmico e tijolos de concreto, de acordo com Nunes e Miotto (2022), por meio de análises dos níveis de eficiência energética no período de verão no clima da cidade de São Paulo e em situações iguais de geometria e absorvância solar, o ICF, em relação aos outros dois, apresentou melhor comportamento.

Dentre as configurações que possuem alta absorção solar em toda a envoltória e forro de PVC, comparando os resultados de paredes convencionais com vedações ICF, os resultados são os seguintes: a vedação com fôrma EPS, resultou em redução no indicador de resfriamento de 0,862 (2,5%), 1,039 (3%), 0,605 (1,7%) e 1,041 (3%) kWh/m²/ano em relação ao tijolo cerâmico 9,0 cm, tijolo concreto 9,0 cm, tijolo cerâmico 14,0 cm e tijolo de concreto 14,0 cm, respectivamente. Observa-se novamente a influência da capacidade térmica das paredes nos resultados, uma vez que as maiores diferenças ocorreram para os casos constituídos por paredes com tijolos de concreto (Nunes; Miotto, 2022, p. 12).

Mediante isso, Nunes e Miotto (2022) diz que, para as condições de verão, pensando na utilização de cores claras como estratégia para melhor desempenho da casa, o sistema ICF pode proporcionar desempenho térmico médio 6,4% superior comparado com o que foi obtido pelas fachadas de cerâmica e tijolos de concreto. Já com cores escuras, o ICF apresenta benefícios ainda maiores, com desempenho de 11,5%.

O ICF apresentou então, menor transmitância térmica comparado com blocos cerâmicos de 14 cm, com 0,41 L/(m².K) enquanto o tijolo cerâmico, com 1,85 L/(m².K) e o tijolo de concreto com, 2,69 L/(m².K) (Nunes, 2022).

Como a transmitância é dada em função da condutividade e da espessura do material, nota-se que quanto maior a espessura da parede, menor o valor de transmitância térmica. No entanto, apesar de possuir uma espessura de parede menor que a de blocos cerâmicos 14x19x29 cm, a tipologia formada por formas isolantes para concreto (ICF) possui uma maior eficiência em relação à transmitância térmica, reduzindo a transferência de calor para dentro dos ambientes. Sendo assim, o sistema ICF é caracterizado como isolante térmico, o que pode ser explicado por seu baixo coeficiente de condutividade térmica do EPS ($\lambda=0,04\text{w/m.K}$) (Jesus; Barreto, 2018, p.20).

Conforme Jesus e Barreto (2018), o sistema ICF em relação aos outros tipos de vedação, apresenta maior eficiência, visto que a transmitância térmica do sistema formado



pelas fôrmas de EPS é menor. Mediante isso, evita-se ganhos de calor no ambiente interno, que pode influenciar positivamente no consumo de energia da edificação.

Desse modo, Cândido e Soares (2022), que realizou os estudos sobre o sistema na cidade de Pouso Alegre-MG também afirma que, por meio das observações compreendeu-se que o sistema ICF possui transferência de calor equivalente a 35% menor que o sistema convencional de alvenaria, sendo assim proporciona melhor conforto térmico para a habitação.

Referente a isso, Nunes e Miotto (2022) ,diz que os resultados obtidos são promissores, visto que o bom desempenho térmico em condições de verão, estimando melhores resultados para climas mais quentes, mas que ainda é necessário mais estudos sobre o sistema construtivo ICF em outras zonas bioclimáticas.

No que se refere ao viés da sustentabilidade, o EPS pode ser uma alternativa, já que o material não produz entulhos, sendo o EPS 100% reciclado, podendo ser utilizado novamente em outras obras (Santana *et al.*, 2020).

Para Paulo (2022), existem muitos desafios a serem enfrentados, e um deles é com relação a gestão da política habitacional no Estado de Mato Grosso.

Sendo Assim, o Sistema construtivo ICF, se apresenta como uma possível alternativa, quanto ao conforto térmico, para habitações populares, tendo em vista o clima da cidade de Cuiabá e o sistema possuir um bom desempenho térmico, que poderia ser adequado para cidades com altas temperaturas

4.3 Tijolo de solo cimento

De acordo com Enoré et al. (2023), a construção que usa o solo é uma arquitetura milenar, com diferentes técnicas construtivas; como o adobe, a taipa de mão, taipa de pilão entre outros. Podendo utilizar materiais encontrados no próprio local da construção, onde o solo em seu estado natural é o componente principal.

Conforme Vasconcelos et al. (2022), com pesquisa voltada para a região do Araguaia no Pará, a fabricação de tijolos cerâmicos nas olarias, colabora com a poluição da atmosfera, da água e do lençol freático, devido a necessidade do desmatamento e a queima de carvão para a produção do mesmo. Assim como a fumaça que liberada, prejudica a qualidade do ar (Vasconcelos *et al.*, 2022).

Desse modo, existem materiais que contribuam quanto a sustentabilidade, sem a necessidade da queima, como é o caso do tijolo de solo cimento (Figura 4).

Figura 4 – Tijolo de solo cimento de bloco vasado



Fonte: Acervo da autora, 2018.

Esse tipo de tijolo, também conhecido como tijolo ecológico, é feito de solo, cimento e água, compactados com a utilização de prensa manual ou hidráulica, em umidade e sob baixa densidade, que em composição definida antecipadamente, pode adquirir resistência e durabilidade, por meio das reações de hidratação do cimento (Vaghetti *et al*, 2021).

Referente à fabricação do tijolo de solo cimento, conforme Vasconcelos *et al.* (2022), é necessário solos arenosos para que a eficiência e o desempenho sejam maiores, tendo em vista que, só um tipo de solo pode não ser o adequado, mas quando combinado com outro tipo de solo, podem obter as especificações necessárias e adequadas.

O solo é um recurso abundante na natureza, então, o seu uso com insumo mostra-se viável. Permite uma economia de custo na logística, já que pode ser aproveitado e produzido no próprio canteiro de obras. Como é um material de fácil manuseio, possibilita economia na mão de obra. Outra vantagem é, como possui um sistema de “encaixe”, facilita a passagem de fios e tubulações (Vasconcelos *et al.*, 2022, p.91).

O tijolo de solo cimento, segundo Campos *et al.* (2017), possui propriedades técnicas apropriadas, relacionado ao seu emprego na construção, que puderam ser percebidas por meio de estudos da estabilização do solo como o cimento. Sendo o solo usado em maior quantidade, contribui não somente com a sustentabilidade, como com a redução de custo.

A quantidade de cimento utilizado é menor, que de acordo com Ferreira (2015), é em torno de 5% a 10%, a depender do tipo de solo, quanto a sua consistência. Essa redução da quantidade de cimento, se apresenta como uma vantagem, tendo em vista, que a produção de cimento contribui com o aumento dos impactos ambientais, pois sua indústria é uma das que mais poluem, emitindo gases poluentes na atmosfera Blumenschein e Maury, (2012).

O tijolo de solo cimento, também possui as suas normas de especificação, são elas:

NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica.

NBR10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural.

NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – forma e dimensões

NBR 10836 – Bloco vazado de solo cimento sem função estrutural – determinação da resistência à compressão e da absorção d’água.



De acordo como a NBR 10833 (2012), o Tijolo de solo cimento pode ser maciço, onde o volume é igual ou superior a 85% de seu volume total, o bloco vazado, com o mesmo volume igual ou superior a 85%, com furos na direção de prensagem, e também o bloco canaleta. Podem ser incorporados aditivos quando necessário, desde que faça a verificação de seu desempenho, considerando as condições específicas de produção em cada caso.

Deve-se fazer a mistura do cimento ao solo, destorroado e peneirado, até a obtenção de uma coloração uniforme, então deve-se colocar água aos poucos até que atinja a umidade ideal de trabalho. Depois de ocorrida 6 horas de moldagem do tijolo e durante os primeiros sete dias, é necessário mantê-los úmidos, com o fim de garantir a cura necessária (NBR 10836, 2012).

O tijolo de solo cimento quando utilizado como uma técnica construtiva, conforme Gomes *et al.*, (2019), contribui com o baixo impacto ambiental, por causa do consumo energético gerado pelos agregados é baixo, assim como as emissões de CO₂. Além disso, não tóxico, é reciclável e pode ser reutilizável.

O fato de o solo obter um índice menor referente aos impactos ambientais, segundo França *et al.*, (2019), é devido que a energia gasta para uma construção com esse material, que se assemelha com o sistema construtivo tradicional de alvenaria, é somente 1 a 2%.

As construções com tijolo ecológico, não necessariamente precisam de pintura, por possuir um bonito design com os tijolos aparentes, contudo, de acordo com Vaghetti *et al.* (2021), também pode receber pintura, sendo a tinta ecológica uma das opções.

A tinta ecológica segundo Vaghetti *et al.* (2021), não possui materiais tóxicos em sua composição e nem derivados de petróleo, pois são usadas matéria prima natural, tendo o solo também como principal componente de ligação, o que por sua vez corrobora quanto a vantagem de uso e não oferece risco à saúde.

Tendo em vista o conforto térmico que esse tipo de tijolo pode proporcionar, Gomes *et al.*, (2019), diz que, as características higroscópicas do solo, permite que ele seja capaz de regular a umidade relativa do ambiente interno. Isso também acontece, conforme França *et al.*, (2019), devido o solo armazenar o calor ao ser exposto à luz solar e quando a temperatura externa é baixa é liberado esse calor, melhorando dessa forma o conforto térmico no interior do ambiente.

Quando a temperatura é alta ele age de forma contrária, mantendo a temperatura interna do ambiente fresca, em comparação com a temperatura externa funcionando assim, como um ótimo isolante térmico, que também ocorre devido aos furos do tijolo formar câmaras de ar (Fiais, Sousa, 2017).

Sendo assim o tijolo de solo cimento pode ser uma opção quanto ao conforto térmico, devido as características do próprio solo e ao seu formato. Porém ainda necessita-se de estudos mais profundos quanto ao desempenho térmico do material.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que existem soluções construtivas, que possam colaborar de forma mais eficiente, amenizando o desconforto térmico das habitações e que sejam adequadas quanto ao clima da cidade de Cuiabá.



Referente a isso, uma das estratégias climáticas para Cuiabá é o uso da inércia térmica, que permite bloquear ou permitir a entrada de calor. O sistema ICF apresentou menor transmitância térmica comparado aos sistemas tradicionais, podendo assim ser mais adequado devido ao clima quente da cidade. Da mesma forma o tijolo de solo cimento, que apresenta alta inércia térmica, por dificultar a troca térmica entre o externo e o interior.

Esses sistemas contribuem também com o viés da sustentabilidade, o ICF por ser um material reciclado podendo ser reutilizado e o tijolo de solo cimento, onde o solo é usado em seu estado natural, sem usar o processo da queima do tijolo.

Entretanto, necessita-se ainda de mais estudos na área dos dois sistemas, principalmente voltados para Cuiabá, que não foram encontrados. Existem também, muitos desafios a serem enfrentados quanto a política habitacional e o preconceito existente quanto ao uso desses sistemas, principalmente os que utilizam a terra como matéria principal.

6 REFERÊNCIAS

- ALVES, P.A.S.S.A; CARVALHO, L.R de. Fatores condicionantes para formação de ilha de calor no bairro Residencial Florença, Sinop (MT). **Geoaraguaia**, Barra do Garças-MT, v.13, N.Esp. Cad. n. 2.
- BLUMENSCHNEIN, R.N; MAURY, M.B. Produção de cimento. **Sustentabilidade em debate**, Brasília, v.3, n.1, 2012.
- CÂNDIDO, A.M; ALMEIDA, L.M.de; SOARES, R.de.S. Análise comparativa de viabilidade entre o sistema ICF (Insulated concrete forms) e o sistema convencional de bloco cerâmico estrutural. **UNA**, 2022.
- CAMPOS, A.; JUNIOR, J.B.N; BRITO, L.T. Comportamento de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura. **INTERAÇÕES**, Campo Grande-MT, v.20, n. 1. Campo Grande, 2019.
- CUIABÁ, PREFEITURA. Perfil Sócioeconômico de Cuiabá. Central de texto, Volume V. Cuiabá-MT, 2012.
- ENORÉ. P.T.S; PALMISANO, A; SOUSA, N.S.S. Avanço de bioconstruções no Estado de Mato Grosso: investigação de arquitetura com solo. In: 9º SEMINÁRIO MATO-GROSSENSE DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: "Rumos possíveis da Habitação para Mato Grosso, frente as mudanças climáticas". **Anais [...]** Várzea Grande-MT: UNIVAG, 2023.
- FRANÇA, S; SCHUAB, M.R; SPERANDIO, K.P; AZEVEDO, R.C de; CARVALHO, M.C.R de; BEZERRA, A.C.S. Técnicas de construção em terra, forma de construir: Arquitetura, antropologia, arqueologia. **Argumentum**, Escola Superior Gallaecia Ed 1, Lisboa, 2019.
- FERREIRA, A.D.D. Habitação de interesse social: aspectos históricos, legais e construtivos. **Interciência** Ed 1, Rio de Janeiro, 2015.
- FIAIS, B.B; SOUSA, D.S. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação** Uni Toledo, v02, n. 01-Araçatuba, SP. 2017.
- FROTA, A.B. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. **Studio Nobel** 7.ed. São Paulo, 2003.
- GOMES, M.I; SANTOS, T; PEREIRA, C; FARIA, P. Construção com base em terra: contributo para a ecoeficiência na construção. Sustentabilidade na Gestão Ambiental. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL À LISBOA-INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO-IST. **Anais [...]** Portugal, 2029.
- GUARDA, E.L.A; DURANTE, L.C; CALLEJAS, I.J.A; JORGE, S.H.M; BRANDÃO, R.P. Estratégias Construtivas Para Adequação da Envoltória de uma Habitação de Interesse Social às Zonas Bioclimáticas Mato-Grossenses. **Engineering and Science** v1, Ed. 7-UFMT. Cuiabá, 2018.
- JESUS, A.T.C de; BARRETO, M.F.F.M. Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf). **Engineering and Science** v 3, Ed.7-UFMT. Cuiabá, 2018.
- LEÃO, E.F.T.B. **Carta bioclimática de Cuiabá-Mato Grosso**. Dissertação (mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2007.
- NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 2005.



NBR 10833. Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – determinação da resistência à compressão e da absorção d-água. 2012.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 30/11/2023.

NUNES, G.H; MIOTTO, J.L. Thermo-energetic performance of insulated concrete forms: improvements in low-income houses in the climate of São Paulo. **Holos** Ano 38, v.8, 2022.

PAULO, E.E.O. **Insulated Concrete Formrs**. Tecnologia alternativa na qualidade de vida pela otimização do conforto térmico habitacional. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Várzea Grande, UNIVAG, Várzea Grande/MT, 2022.

ROSSO, R.F; ENORÉ, P.T.S; SOUSA, N.S e S; PAULA, D.C de. Frequency analysis of extreme air temperature events in an urban center in the Brazilian savana. **Cidades Verdes**, v.11, N. 30, 2023.

VASCONCELOS, C.; BRITO, W.; CARVALHO, V.; SILVA, R.; FREITAS, M. Habitação de Interesse Social (HIS): Uso de tijolo de solo-cimento na construção. **IMPACT projects** v 1, N2. Santana do Araguaia, 2022.

VAGHETTI, M.A.O; SANTOS, T.C.S; ULIANA, D. Construção Civil e Sustentabilidade: materiais da Casa Popular Eficiente da UFSM. *In: IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto-UFSC. Anais [...].* Florianópolis, 2021.

SANTANA, M.R.C; SOARES, R.A.B; GOMES, K.N.A do E.S. Estudo de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa. *Brazilian Journal of Development*, V. 6, N.3. Curitiba, 2020.

SANTOS, R.L.S; SANTANA, J.C.O. Materiais de construção sustentáveis em empreendimentos de Habitação de interesse Social financiados pelo PMCMV. *Mix Sstentável-Edição 07/V3.N3*, 2017.