ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Potencial de aplicação de blocos vazados de baixa densidade para Habitação de Interesse Social (HIS) conforme princípios da modularidade

Application potential of low-density hollow blocks for Housing of Social Interest according to principles of modularity

Júlia Oliveira Rodrigues
Universidade Federal do Paraná| Curitiba | Brasil | juliaa.orodrigues@gmail.com
Andressa Gobbi
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | andressagobbi@ufpr.br
Emanoel Cunha Araújo
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | emanoelcunhaa@gmail.com

Resumo

Em 2022, 66.012 habitações eram classificadas como precárias no Brasil e, no Paraná, essas habitações representam aproximadamente 23% do total. Isso evidencia que há uma quantidade significativa de pessoas em situação de vulnerabilidade no país. O acesso diferenciado à terra e o alto custo para construir a moradia, insere grande parte da população em habitações precárias e segregadas. A partir desse panorama, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de aplicação de blocos vazados de baixa densidade em projetos de Habitação de Interesse Social (HIS), propondo alternativas de construção, a partir do uso de materiais não-convencionais e a produção de habitação de baixo custo, de forma a solucionar problemas de vulnerabilidade e inadequação habitacional. Para tal, foram utilizados referenciais teóricos para compreensão dos conceitos fundamentais de um sistema autoportante e coordenação modular. Baseado na revisão realizada, concluiu-se que os valores de resistência à compressão não atendem aos requisitos mínimos da normativa brasileira, necessitando de otimização dos traços propostos para utilização em habitação unifamiliares de menor porte e quantidade de pavimentos.
Palavras-chave: Habitação de Interesse Social. Resíduo de Madeira Pinus *spp*. Blocos Vazados.

Abstract

In 2022, Brazil had 66,012 houses classified as precarious, with approximately 23% of these in the state of Paraná. This highlights the significant number of people living in vulnerable conditions across the country. Unequal access to land and high housing construction costs force many into substandard and segregated housing. This study aims to assess the potential use of low-density hollow blocks in Social Interest Housing projects, proposing construction alternatives using non-conventional materials and low-cost housing production to address

Como citar:
RODRIGUES, J. O.; GOBBI, A. ARAÚJO, E. C. de. Potencial de aplicação de blocos vazados de baixa densidade para Habitação de Interesse Social (HIS) conforme princípios da modularidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

vulnerability and inadequate housing. A bibliographic review was conducted to understand the fundamental concepts of a self-supporting system and modular coordination. The review concluded that the compressive strength values do not meet the minimum requirements of Brazilian standards, indicating a need to optimize the proposed mixes for use in smaller, single-family homes with fewer pavements.

Keywords: Housing of social interest. Pinus spp wood residue. Hollow blocks.

POLÍTICA HABITACIONAL E POPULAÇÃO

Compreender o contexto em que a provisão habitacional (produção, uso e distribuição) se estabelece no Brasil depende da análise de diversos aspectos sociais, políticos e econômicos que abarcam a produção do espaço urbano. O crescimento econômico e populacional das cidades está diretamente relacionado com os agentes de produção do espaço, vinculados à associação Estado-Capital que reforça a concentração de terras com a minoria privilegiada da população e intensifica a especulação de vazios urbanos [1].

Portanto, as desigualdades socioeconômicas estão associadas com a acumulação pró-capital das cidades, que influi diretamente nas condições habitacionais da população, em virtude da dificuldade de acesso à terra urbanizada e aos serviços urbanos. Tal maneira de produção das cidades fortaleceu a expansão do tecido urbano por meio da periferização, concentrando a população de baixa renda em moradias precárias, autoconstruídas em loteamentos irregulares e favelas [2]. Essas moradias são frequentemente construídas com materiais reciclados, como madeira, plástico, papelão e lonas, conforme pontuado por Therán-Nieto, Pérez-Arévalo e García-Estrada [3].

Entre as décadas de 80 e 90 as políticas nacionais de habitação tinham como prioridade a eficácia da produção habitacional [4]. Já que, no período do Regime Militar, em 1964, segundo Balthazar [5, p. 38], o "Estado conseguiu, como eram seus objetivos, desestimular os investimentos privados no mercado de aluguel e, também, conter a elevação dos custos dos salários", gerando um aumento na quantidade de habitações precárias no país.

Nesse momento, o financiamento das habitações de interesse social (HIS) passou a ser realizado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), criado em 1964 [4]. Entretanto, tal financiamento não supriu as necessidades da população de baixa renda, pois fortaleceu a classe média e alta com o aumento da quantidade de apartamentos de classe média, desenvolvendo os negócios de incorporação imobiliária e a indústria da construção [6].

Após a redemocratização e com o fim do BNH, as práticas de urbanização ganharam espaço, em contraposição às políticas que eram adotadas nos períodos anteriores. Em vias disso, foram criados dois programas importantes para a produção de Habitação de Interesse Social: (i) a Lei Federal de Assistência Técnica (Lei nº 11.888/2008), que garante assistência técnica pública e gratuita para famílias de baixa renda (0 a 3 salários mínimos) no projeto e construção da moradia; e (ii) o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), de 2009 [6].

O PMCMV, colocou em prática um conjunto de diretrizes e ações previstas no Plano Nacional de Habitação (PlanHab), com novos investimentos para o setor habitacional de interesse social no Brasil [7]. O programa consiste em oferecer subsídios e taxas de juros abaixo do mercado para a população de baixa renda. Entretanto, de acordo com [8], o PMCMV é voltado aos interesses do mercado privado, uma vez que são habitações construídas em espaços urbanizados ou passíveis de urbanização, localizados às margens da cidade.

Apesar da moradia ser um direito, conforme consta no Art. 6º da Constituição de 1988, o PMCMV fornece mais recursos financeiros para as faixas 2 e 3 do programa, ao passo que a população que se enquadra na Faixa 1, que corresponde a população em maior vulnerabilidade, era incluída em apenas 36,8% do total de unidades habitacionais contratadas pelo programa [9].

[10] afirmam que a condição financeira influencia diretamente na forma de construção das casas. [11, p. 2] demonstra que essa parcela da população "de posse de um lote urbano, obtido no mercado formal ou informal, decide e constrói por conta própria a sua casa, utilizando seus próprios recursos e, em vários casos, mão-de-obra familiar, de amigos ou ainda contratada". A autoconstrução, nesse sentido, se refere às moradias construídas pelos próprios usuários, sem participação de profissionais habilitados no processo de planejamento, construção e ocupação do espaço.

Em razão dos altos índices de déficit habitacional e da escassez de recursos públicos que sanem a questão da moradia, torna-se necessário a busca por novas alternativas no ramo da construção para a população em vulnerabilidade. De acordo com [12], "as moradias autoconstruídas com baixos recursos geralmente são precárias, principalmente quanto à habitabilidade". Essa problemática já tem sido tratada pelo PMCMV, por meio da utilização de alvenaria estrutural na construção de edificações de pequeno porte, uma vez que o sistema atende critérios de desempenho e custo [13].

Nos diversos processos e sistemas construtivos utilizados na HIS, a falta de coordenação modular e a baixa conectividade entre os componentes frequentemente resultam em perdas e baixa produtividade [14]. A utilização de blocos de alvenaria com dimensões padronizadas pode solucionar esses problemas, facilitando a modulação dos elementos construtivos.

O uso de materiais alternativos visando melhorar a qualidade de habitações autoconstruídas não é um tema apenas de interesse nacional. Nos trabalhos de [15] e [16], as características de blocos de terra compactada com adição de materiais cimentícios são avaliadas no contexto da autoconstrução. Porém, como informam [15], tais blocos apresentam como desvantagem susceptibilidade à umidade, uma vez que não passam por um processo de queima. O efeito do contato com a água ao longo do tempo é a perda das suas características físico-mecânicas, comprometendo seu uso estrutural [15]. Como alternativa, esse trabalho propõe avaliar o potencial de aplicação de blocos vazados de baixa densidade em projetos de habitações de interesse social. Para isso, foram utilizados referenciais teóricos para compreender os conceitos fundamentais de um sistema autoportante e coordenação modular. Sendo este

último, importante para a aplicação na autoconstrução, uma vez que os moradores produzem suas próprias moradias por meio da autogestão e adequam os espaços construídos às exigências de suas novas situações financeiras ou familiares [17, p. 26].

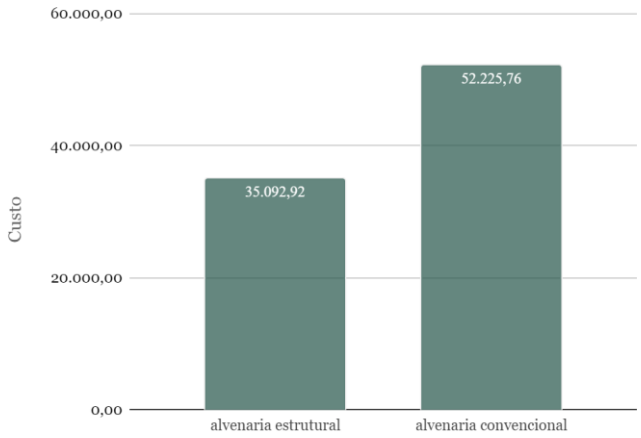
USO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NA AUTOCONSTRUÇÃO

Para a aplicação em projetos de habitação de interesse social, o uso de blocos de baixa densidade por meio de um sistema autoportante, em que a carga gerada deverá ser suportada pelas próprias paredes, gera algumas vantagens quanto ao custo do processo construtivo, uma vez que os módulos atuam simultaneamente como vedação e estrutura [18].

O uso de alvenaria estrutural, sistema autoportante, pode proporcionar uma economia de até 30% dos custos, em comparação às estruturas convencionais [19]. As vantagens estão relacionadas a redução de formas, redução do consumo de aço e no consumo de concreto, eliminação de rasgos para embutir instalações, durabilidade e a redução de espessuras de revestimentos.

[20] apresentam um quantitativo de materiais utilizados para a alvenaria convencional e para estrutural. Segundo os autores, a diminuição do cimento reduz o custo de orçamento em 56,79%, para uma habitação de 3 pavimentos, uma vez que os blocos substituem as vigas e pilares [20]. Além disso, a economia entre os dois sistemas é de 32,81% (Figura 1).

Figura 1: Comparativo de custo em Reais (R$) entre a alvenaria estrutural e a convencional, para uma residência de 3 pavimentos



Fonte: adaptado de Freitas e Gomes [20].

Outro fator que contribui para a redução de custos na utilização do sistema construtivo com alvenaria estrutural é a modulação. A coordenação modular é uma técnica em que há uma relação entre a dimensão dos materiais de projeto, por meio de medidas modulares organizadas em um reticulado de referência [21].

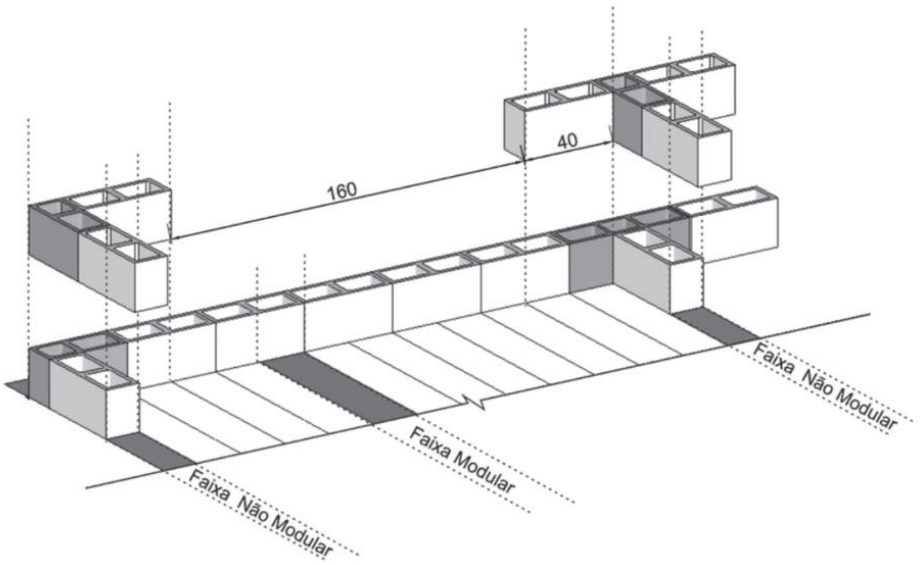
Segundo Melo Neto [22, p. 17 *apud* Penteado, 1980], a modulação ou coordenação modular ordena e racionaliza "a construção desde o projeto e fabricação dos

componentes, até a execução da obra". Um dos objetivos da modulação é otimizar o processo construtivo, por meio da redução de custos e aumento na produtividade, além de aperfeiçoar os componentes e procedimentos operacionais.

As diferentes dimensões são definidas para o projeto, com peças modulares testadas individualmente. Contudo, suas interfaces devem ser padronizadas e interagirem para garantir a funcionalidade global do produto [17]. Para facilitar o encaixe, deve-se definir uma malha modular com medidas baseadas no tamanho dos blocos, estabelecendo as faixas modulares.

[23, p. 63] aborda que a malha é obtida a partir de um "módulo básico escolhido (dimensões reais do bloco mais a espessura das juntas), sendo os módulos, na maioria das vezes, de 15 cm ou 20 cm". Em que, conforme Figura 2, é necessário blocos especiais de medidas reduzidas, para a compensação da faixa não modular, em virtude da amarração em "T" em paredes opostas.

Figura 2: Formas de amarração dos blocos no módulo entre os encontros de paredes (módulo de 20 cm)



Fonte: Mohamad [23].

A definição do módulo traz diversas vantagens para a autoconstrução, como: menor tempo de produção e redução do desperdício, consequentemente, menor impacto ambiental e diminuição dos resíduos [24, 25]. Desse modo, o uso de um sistema autoportante aliado à modulação facilita o processo de construção autogerida, pois o processo de construção de moradias por meio de assessoria técnica está relacionado não apenas com a construção da moradia, mas sim, com a troca de saberes entre equipe técnica e moradores, e a relação articulada com os movimentos sociais [10].

Como afirma [26, p. 91], "os canteiros de autoconstrução coletiva, autogeridos pelos trabalhadores, são laboratórios experimentais", de modo que os moradores são previamente capacitados por uma equipe multidisciplinar para, posteriormente,

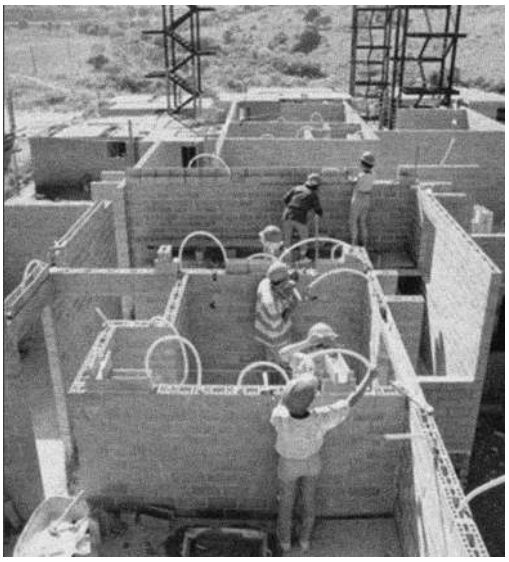
serem capazes de discutir sobre os projetos, administrarem o processo e a construção da moradia e dos equipamentos coletivos [27].

Para a efetiva construção da moradia por meio da autogestão, os moradores, em grande parte, aliados a movimentos por moradia, se unem por meio de um trabalho em mutirão, aumentando o envolvimento de organização coletiva, além de economizarem em mão de obra contratada. Entretanto, o mutirão para além de reduzir custos para cada futuro morador envolvido, se refere a um instrumento de organização e gestão popular [28].

BLOCO VAZADO DE BAIXA DENSIDADE

A utilização de blocos vazados se justifica pela preferência por blocos com furos na vertical, que facilitam a passagem de instalações prediais [14]. A baixa densidade do bloco torna-se fundamental no processo de construção autogerida em habitações de interesse social, uma vez que no processo de mutirão há participação direta de moradores, incluindo mulheres, como ilustrado na Figura 3 do Mutirão Juta Nova Esperança.

Figura 3: Canteiro de obras do Mutirão Juta Nova Esperança, filiada ao Movimento Sem Terra Leste 1 (MST Leste 1), vinculado à União dos Movimentos de Moradia (UMM), entre 1994 e 1999.



Fonte: Ferro [26].

A substituição dos agregados por fibras provenientes de ramos, bambu, casca de arroz e a madeira como sua matéria-prima predominante, gera algumas vantagens na produção dos blocos como: a redução do peso médio e o valor ambiental, ao reduzir o uso do cimento Portland responsável pela emissão de gases do efeito estufa no processo de fabricação [29]. Segundo [30, p. 1], tais “resíduos podem converter-se em matéria-prima com possibilidades de aproveitamento na confecção de elementos direcionados à construção civil”.

A união entre a madeira e o cimento, forma o chamado compósito madeira-cimento (Figura 4), que consiste em um material homogêneo, em que as partículas de madeira

são envolvidas com o material aglomerante. São produtos feitos por partículas ou fibras de madeiras (agregados), cimento Portland (aglomerante) e água.

Figura 4: Bloco vazado de concreto com agregado de resíduos de madeira Pinus *spp.*



Fonte: Villas-Bôas [29].

A utilização de compósitos cimentícios de madeira Pinus *spp.* é vantajosa devido às características do material, dentre elas: baixa densidade, baixa massa específica e contribuição no isolamento térmico e acústico [29, 31].

Na produção dos blocos, a madeira pode ser empregada em 2 formas: (I) resíduos resultantes da colheita ou do (II) processamento do material descartado nas cadeias de produção e consumo. Enquanto material agregado, a madeira pode ser utilizada como pequenas partículas que compõem os painéis ou fibras [31]. As dimensões das partículas podem influenciar na eficiência da matriz cimentícia, por exemplo, partículas mais finas aumentam a área específica superficial que, por sua vez, pode resultar na maior liberação de extrativos proveniente das partículas orgânicas [32, p. 45 *apud* Karade; Irle; Maher, 2003].

Ademais, o tamanho das partículas influi no tipo de método que será utilizado para a produção do bloco. Para o método de vibro compactação (comumente utilizado na fabricação de blocos de concreto), o tamanho das partículas é um fator limitante, pois partículas grandes têm dificuldade de assentar, resultando em compósitos menos densos. Isso porque, quanto maior a área superficial, maior a demanda de material aglutinante para envolver estas partículas [33].

Apesar dos benefícios do compósito madeira-cimento, alguns cuidados de compatibilidade devem ser tomados, já que nas últimas fases de hidratação do concreto, a água e outros componentes migram para as partículas de madeira, gerando uma camada inibitória, que afeta o processo de hidratação e endurecimento do cimento [29].

Castro [34] aborda que madeiras com alto teor de extrativos, componente químico da madeira, tendem a inibir a cura do cimento. Para evitar esses problemas de compatibilidade, é possível realizar tratamentos físicos, químicos e biológicos para

diminuir os extrativos. De acordo com o autor [34], não existe nenhum solvente único que retire todos os extrativos, mas a maneira mais simples de remoção é por meio da lavagem com água quente.

[31] realizou um estudo utilizando uma máquina de vibroprensa, foram produzidos blocos com traço 1:10, com a substituição 100% do agregado miúdo convencional pelo resíduo de *Pinus* spp. O processo envolveu a secagem dos resíduos de Pinus ao ar, peneiramento para garantir uma granulometria com partículas menores que 4,8 mm, e a mistura dos materiais em uma betoneira. Após 24 horas de cura úmida e cura submersa até a realização do ensaio, obteve-se resistência à compressão média de 1,49 MPa aos 7 dias.

[29] fez um estudo comparativo entre os traços 1:1,5 (bloco A) e 1:2,2 (bloco B), de blocos de madeira-cimento. A concepção do bloco se deu a partir de processos de preparação e caracterização dos cavacos de madeira Pinus *spp*., e depois moldagem dos blocos. A primeira etapa consiste na secagem dos cavacos ao ar livre durante 48 horas, para a diminuição do teor de umidade. Em seguida foi feita a diminuição do tamanho dos cavacos em uma peneira de 1" (2,54 cm) e de ¾" (1,90 cm), conforme ABNT NBR 7.211:2022 [35].

Posteriormente, para o tratamento dos cavacos, foi utilizada uma suspensão de $Ca(OH)_2$, que atua como aglomerante, na água (relação de 1:6,25) por 10 minutos. Depois foi inserido o cimento e a água, aos poucos [29, p. 147]. Ao final da mistura, é feito o enchimento das formas com o formato dos blocos. E depois, é feito o processo de cura, de aproximadamente 28 dias, em ambiente coberto e protegido da insolação direta.

Os resultados dos testes feitos em ambos os trabalhos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Comparativo entre os blocos de madeira-cimento. Características físico-mecânicas.

Amostra	**Densidade (kg/m³)**	**Resistência à compressão (MPa)**	**Condutividade térmica (m²K/W)**
Bloco A - 1:1,5	540	1,09	0,132
Bloco B - 1:2,2	720	1,26	0,129

Fonte: adaptado de [29].

Os resultados dos blocos A (1:1,5) e B (1:2,2) mostram que a resistência à compressão do bloco A é menor que a do bloco B, porém o bloco A tem valores superiores de resistência térmica.

De acordo com a ABNT NBR 16.868-2:2020 [36], que trata de execução e controle de obras em alvenaria estrutural, o bloco deve atender integralmente às especificações da ABNT NBR 6.136:2016 [37], ou seja, deve possuir resistência à compressão superior a 4 MPa [37]. Em relação às propriedades físico-mecânicas do compósito é notável que os valores são inferiores aos blocos costumeiramente utilizados, em razão da diminuição da quantidade de cimento da mistura.

A partir das análises do compósito madeira-cimento observa-se que a utilização da madeira Pinus *spp*. altera a densidade dos blocos, tornando-os leves segundo a classificação da ABNT NBR 12.655:2022, com massa específica inferior a 2.000 kg/m³ [38].

Apesar de não serem enquadrados como blocos estruturais, é importante ressaltar as características físicas dos blocos de madeira-cimento em relação aos blocos convencionais. Esses blocos possuem uma densidade reduzida, o que pode levar a menores custos de fundação e facilitar a realização da autoconstrução. Além disso, eles oferecem um isolamento térmico superior devido à sua menor condutividade térmica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados se mostram promissores, pois foram baseados em propor soluções simples e adequadas que incentivem a participação popular na produção da moradia, considerando que os programas existentes hoje não são capazes de suprir o tamanho do déficit habitacional do país.

Com base na pesquisa, conclui-se que os valores de resistência à compressão encontrados na literatura não são suficientes, necessitando de melhorias nas proporções dos traços propostos para utilização em habitações unifamiliares de menor porte e quantidade de pavimentos.

Além disso, o uso de um sistema autoportante para a habitação de interesse social é uma ferramenta de simplificação do processo. Em conjunto com a modulação da moradia, há uma otimização de todo o processo projetual, redução do desperdício e dos custos, e a readequação do espaço conforme as necessidades dos moradores.

REFERÊNCIAS

[1] TIBO, Geruza Lustosa de Andrade; LINHARES, Juliana; NASCIMENTO, Denise Morado. Análise da autoconstrução a partir de suas práticas. **III Seminário Nacional sobre Urbanização de Favelas - UrbFavelas**. Salvador, 2018.

[2] LIMA, Apoenna Caetano. **ModuLAR: Uma proposta para habitação em assentamentos precários em Campina Grande**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2019.

[3] THERÁN-NIETO, Kevin; PÉREZ-ARÉVALO, Raúl; GARCÍA-ESTRADA, Dalmiro. Asentamientos informales en la periferia urbana de áreas metropolitanas. El caso de Soledad, Colombia. **Revista Brasileira De Gestão Urbana**, v14, e20210275. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210275. Acesso em: 30 jul. 24.

[4] LUCIANO, Francispaula; MELLO, Marcelo de. A questão da moradia na redemocratização do estado brasileiro. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, Porangatu, v. 8, n. 2, jul./dez. 2019. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/9219. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

[5] BALTHAZAR, Renata Davi Silva. **A permanência da autoconstrução:** um estudo de sua prática no Município de Vargem Grande Paulista. 2012. Dissertação (Mestrado em

Habitat) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/D.16.2012.tde-02072012-132335. Acesso em: 17 jul. 2024.

[6] MARICATO, Ermínia. O impasse da política urbana no Brasil. **Vozes**, Petrópolis, ed. 3., p. 214, 2014.

[7] Plano Nacional de Habitação. Brasília: Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Habitação, dez. 2009. Disponível em: https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/285/2/Publiicacao_PlanHab_Capa.pdf. Acesso em: 14 dez.2023.

[8] CARDOSO, Adauto Lucio; JAENISCH, Samuel Thomas. Nova política, velhos desafios: problematizações sobre a implementação do programa Minha Casa Minha Vida na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 18, p. 6-19, set. 2014. Disponível em: http://emetropolis.net/system/edicoes/arquivo_pdfs/000/000/018/original/emetropolis_n18.pdf. Acesso em: 14 dez. 2023.

[9] CMAP – Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas. **Relatório de Avaliação Programa Minha Casa Minha Vida Ciclo 2020**. Brasília: ME, 2021.

[10] CARVALHO, Conrado Gonçalves; ALBERTO, Eduarda, SILVOSO, Marcos Martinez. Autoconstrução e a democratização da arquitetura e engenharia: considerações sobre formação profissional e o necessário debate de conceituação da ATHIS e do Empreendedorismo Social. **XVII Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social - Popular e Solidária**, Rio de Janeiro, nov. 2022. Disponível em: https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/698/555. Acesso em: 17 jul. 2024.

[11] NASCIMENTO, Denise Morado. A autoconstrução na produção do espaço urbano. In: MENDONÇA, Jupira Gomes de; COSTA, Heloisa Soares de Moura. Estado e Capital Imobiliário: Convergências atuais na produção do espaço urbano brasileiro. **Editoria C/ Arte**, 2011.

[12] ZANONI, Vanda Alice Garcia; DANTAS, André Luís de Faria; NUNES, Layane Soares; RIOS, Rafael Barbosa. Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo. **Ambiente Construído**, 20(3), 109–120. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300420. Acesso em: 30 jul. 24.

[13] DIAS, Frederico Teixeira. **Habitação Popular: alvenaria estrutural, método utilizado na construção de casas populares.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universitário Atenas. Paracatu, 2019. Disponível em: http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/HABITACAO_POPULAR__alvenaria_estrutural__metodo_utilizado_na_construcao_de_casas_populares.pdf. Acesso em: 06 fev. 2024.

[14] BARBOZA, Aline da Silva Ramos; SILVA, Marcelle Maria Correia Pais; SILVA, Larissa Lara da; ARAÚJO JÚNIOR, Josival Corrêa de. A técnica da coordenação modular como ferramenta diretiva de projeto. **Ambiente Construído**, 11(2), 97–109. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000200007. Acesso em: 30 jul. 24.

[15] JARAMILLO, Haidee Yulady; CASTRILLÓN, Sir Alexci Suárez; CAMPEROS, July Andrea Gomez. Mechanical properties of an earth block compressed with cementitious material. **Civil Engineering and Architecture**, v. 10, n. 7, 2022. Disponível em: https://www.hrpub.org/download/20221030/CEA6-14828856.pdf. Acesso em: 30 jul. 2024.

[16] LÓPEZ-REBOLLO, Jorge *et al*. Improvement of mechanical Properties of compressed Earth blocks with stabilising aditives for self-build of sustainable housing. **Buildings**, v. 14, n. 3, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/3/664. Acesso em: 30 jul. 2024.

[17] ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **Habitação de Interesse Social em Madeira conforme os Princípios de Coordenação Modular e Conectividade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

[18] SILVEIRA, Alice de Almeida. **Construção modular off-site no Brasil: Desafios e revisão de custos.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10035354.pdf. Acesso em: 18 dez. 2023.

[19] DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de Alvenaria Estrutural**, ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, Porto Alegre - RS, 1999.

[20] FREITAS, Taciane dos Santos Aparecida; GOMES, Geisla Aparecida Maia. Análise comparativa de custo de material entre alvenaria estrutural e alvenaria convencional para residência em São Lourenço. **Unis**, Minas Gerais, 2022. Disponível em: http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/2277/1/Taciane%20dos%20Santos%20Ap%20Freitas.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024

[21] LUCINI, Hugo Camilo. Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias. **Pini,** São Paulo, 2001.

[22] MELO NETO, Edson Muniz de. **Proposta arquitetônica de habitações modulares com ênfase na racionalização construtiva: A coordenação modular no processo projetual.** 2019. Dissertação (mestrado em Arquitetura, Projeto e Meio-ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019.

[23] MOHAMAD, Gihad. Construções em Alvenaria Estrutural. **Editora Blucher**, São Paulo, ed. 2, 2020.

[24] BERTRAM, Nick, *et al*. Modular Construction: From projects to products. **Capital Projects & Infrastructure**, Reino Unido, jun. 2019.

[25] FRANÇA, Erich Takachi Ychisawa. **Materiais empregados na construção modular: cenário atual e potencialidades.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de São Paulo. São José dos Campos, 2022.

[26] FERRO, Sérgio. Notas sobre usina. In: Usina: entre o projeto e o canteiro. **Edições Aurora**, São Paulo, p.90-92, 2015.

[27] NASCIMENTO, Luana Oliveira do. **Autoconstrução e o Papel do Arquiteto: Assessoria técnica e metodologias de atuação.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/18772/1/LONascimento.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

[28] UNMP. Cartilha de autogestão em habitação. **União Nacional por Moradia Popular**, São Paulo, 1. ed., 2019.

[29] VILLAS-BÔAS, Barbara Talamini. **Utilização de cimento Portland e resíduos de Pinus spp para fabricação de blocos vazados de baixa densidade para alvenaria.** 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

[30] STANCATO, Augusto Cesare. **Caracterização de compósitos à base de resíduos vegetais e argamassa de cimento modificada pela adição de polímeros para a fabricação de blocos vazados.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

[31] Iwakari, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: **FUPEF**. 2005. 254p.

[32] CASTRO, Vinicius Gomes de. Compósitos madeira-cimento: um produto sustentável para o Futuro**. EdUFersa**, Mascaró, 2021.

[33] AZAMBUJA, Rafael de Rosa *et al.* Particle size and lime addiction on properties of wood-cement composites produced by the method of densification by vibro compaction. **Ciência Rural,** v. 47, n. 7, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/GZN37FpqZKx7DCVZDvb84Hh/?lang=en&format=pdf. Acesso em: 20 jul. 2024.

[34] CASTRO, Vinicius Gomes de. **Espécies da Amazônia na produção de compósitos madeira-cimento por vibro-compactação**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

[35] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.211**: Agregados para o concreto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

[36] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.868-2:2020**: Alvenaria Estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2020.

[37] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

[38] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.655:2022**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

[39] PENTEADO, Adilson Franco. **Coordenação modular.** 1980. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1980.