Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]ARQUITETURA MODULAR COMO SOLUÇÃO HABITACIONAL PARA REASSENTAMENTO PÓS-CRISE HIDROMETEOROLÓGICA

Modular Architecture as a Solution for Post-Hydrometeorological Crisis Resettlement Housing

Samuel da Silva Santos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | arquitetosamuelsantos@hotmail.com

Dirceu de Oliveira Garcia Filho
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | arqdigarcia@hotmail.com

Bruno César Euphrasio de Mello
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | brunocesaremello@ufrgs.br

RESUMO

O aumento da frequência e da intensidade dos desastres naturais, impulsionado pelas mudanças climáticas, tem exposto fragilidades na capacidade de resposta habitacional emergencial. Nesse contexto, a provisão rápida e qualificada de moradias temporárias torna-se um desafio central para o reassentamento de populações afetadas. Este artigo tem como objetivo avaliar a aplicação da arquitetura modular como solução habitacional emergencial, a partir do estudo de caso das enchentes ocorridas no estado do Rio Grande do Sul em 2024. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, com foco na análise técnico-construtiva e social das unidades implantadas. Os resultados apontam que a arquitetura modular apresentou desempenho positivo em termos de agilidade, durabilidade e padronização, mas revelou limitações quanto à adequação espacial, conforto ambiental e integração com o tecido urbano. A principal contribuição do estudo é demonstrar que, com os devidos aprimoramentos projetuais e políticas públicas articuladas, a arquitetura modular pode transcender seu uso emergencial e consolidar-se como alternativa viável para habitações permanentes em contextos de vulnerabilidade social.

Palavras-chave: Habitação emergencial, Industrialização, Desastres naturais, Crise climática.

ABSTRACT

The increasing frequency and intensity of natural disasters, driven by climate change, have revealed significant weaknesses in emergency housing responses. In this context, the rapid and qualified provision of temporary shelters becomes a central challenge for the resettlement of displaced populations. This article aims to evaluate modular architecture as an emergency housing solution, using the 2024 floods in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, as a case study. The research adopted a qualitative and exploratory approach, focusing on the technical, constructive, and social aspects of the modular units implemented. The results indicate that modular architecture performed well in terms of speed, durability, and standardization, yet presented limitations regarding spatial adequacy, environmental comfort, and integration with urban dynamics. The main contribution of this study is to demonstrate that, with proper design improvements and integrated public policies, modular architecture can go beyond emergency use and become a viable alternative for permanent housing in socially vulnerable contexts.

Keywords: *Emergency housing, industrialization, Natural disasters, Climate crisis.*

[1]SANTOS, S. S.; FILHO, D. O. G.; MELLO, B. C. E. Arquitetura modular como solução habitacional para reassentamento pós-crise hidrometeorológica. In: V WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas vêm intensificando a frequência e a magnitude de eventos extremos em escala global, impactando diretamente a infraestrutura urbana e a vida de milhões de pessoas. Tempestades severas, inundações, secas e incêndios florestais estão entre os fenômenos mais recorrentes e devastadores dos últimos anos. No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul vivenciou, em maio de 2024, uma das maiores catástrofes climáticas de sua história recente, com chuvas intensas que provocaram o transbordamento de rios, deslizamentos e alagamentos em larga escala. Segundo dados da Defesa Civil estadual, mais de 2,3 milhões de pessoas foram afetadas, com cerca de 600 mil desalojadas ou desabrigadas. Estima-se que os prejuízos ultrapassem R$ 20 bilhões, com perdas estruturais em habitações, equipamentos públicos, estradas e sistemas de saneamento básico (Governo do RS, 2024; FGV, 2024).

Diante da magnitude do evento e da necessidade urgente de reassentamento das populações atingidas, ficou evidente a fragilidade das estratégias convencionais de resposta habitacional. A lentidão nos processos de reconstrução e a ausência de políticas previamente articuladas para atendimento emergencial colocaram em evidência o desafio de prover, de forma rápida e eficaz, moradias temporárias que garantam condições mínimas de segurança, salubridade e dignidade para os atingidos.

Estima-se que, globalmente, mais de 25 milhões de pessoas sejam deslocadas anualmente por causas ambientais, consolidando o conceito de “refugiados climáticos” como uma realidade emergente e cada vez mais complexa (ACNUR, 2022; Esteves e Verbicaro, 2020). No Brasil, embora o marco legal da política habitacional reconheça a necessidade de atenção a contextos de risco e calamidade, ainda há lacunas significativas na incorporação de modelos habitacionais adaptados a emergências climáticas, o que compromete a efetividade das respostas estatais (Ramos, 2011; FGV, 2024).

A literatura especializada destaca que soluções habitacionais emergenciais devem conciliar eficiência técnica, rapidez de implantação e sensibilidade social (Anders, 2007; Pereira e Vieira, 2023). Habitações provisórias são essenciais para garantir a proteção física e o amparo psicossocial de famílias que se encontram em estado de vulnerabilidade após catástrofes. No entanto, sua efetividade depende de diversos fatores, como a disponibilidade de recursos, a acessibilidade logística, a adequação às configurações familiares e culturais, além da resistência e durabilidade das estruturas empregadas (Yang, 2019; ACNUR, 2022).

A crescente demanda por soluções habitacionais decorrentes de eventos climáticos extremos tem impulsionado a relevância da arquitetura emergencial como estratégia projetual voltada à provisão de moradias em contextos de crise. Essa vertente da arquitetura caracteriza-se por sua capacidade de resposta rápida e adaptativa frente a situações de calamidade, buscando garantir abrigo, proteção e dignidade às populações afetadas. A arquitetura emergencial, conforme definido por Silva (2013) e Shayeb (2022), pode ser compreendida em duas fases principais: imediata e temporária.

A fase imediata ocorre nas primeiras horas ou dias após o desastre, quando os indivíduos atingidos ainda se encontram em situação de desabrigo total e vulnerabilidade extrema. Nesse estágio, as soluções habitacionais são de caráter provisório e provisão rápida, muitas vezes viabilizadas por meio de estruturas leves como tendas, lonas tensionadas ou coberturas metálicas instaladas em espaços cedidos por instituições públicas, como unidades da defesa civil municipal. Já a fase temporária refere-se ao período subsequente, durante o qual os indivíduos reassentados permanecem em unidades habitacionais transitórias até que uma solução definitiva seja disponibilizada. Essa etapa, embora ainda limitada em tempo de permanência, exige padrões mais elevados de habitabilidade e durabilidade construtiva, uma vez que pode se estender por semanas ou meses (Shayeb, 2022; Silva, 2013).

A distinção entre essas duas fases é fundamental para a definição da tipologia construtiva adequada à realidade do reassentamento. Como apontam Oliveira, Gaffuri e Moura (2021), à medida que o tempo de uso da unidade habitacional se prolonga, torna-se imprescindível que a solução adotada incorpore maior robustez técnica, conforto ambiental e resistência estrutural. A classificação tipológica da habitação emergencial, portanto, deve considerar tanto a projeção de durabilidade da edificação quanto o tempo estimado de permanência do usuário, elementos que devem ser contemplados desde as etapas iniciais do projeto arquitetônico e do planejamento urbano emergencial.

Nesse contexto, a arquitetura modular e os sistemas industrializados de construção civil ganham destaque como alternativas tecnológicas promissoras, capazes de oferecer soluções habitacionais rápidas,

padronizadas e de qualidade controlada. Diversos estudos indicam que o uso de módulos pré-fabricados permite reduzir o tempo de produção, racionalizar o uso de materiais, otimizar a logística de transporte e montagem, e ampliar a escalabilidade da resposta habitacional (Andrade *et al*., 2021; Kilic e Turgut, 2022). Além disso, essas soluções apresentam flexibilidade para adaptações climáticas e territoriais, podendo ser reaproveitadas ou ampliadas de acordo com a demanda.

A adoção da arquitetura modular fundamentada nos princípios da coordenação modular representa um avanço estratégico no campo da construção civil contemporânea, especialmente em contextos que demandam soluções rápidas, flexíveis e otimizadas, como nas situações de emergência habitacional. A coordenação modular possibilita o desenvolvimento de projetos com base em dimensões padronizadas, promovendo compatibilidade entre componentes, facilitando a pré-fabricação, e permitindo a rápida montagem, substituição e manutenção dos elementos construtivos ao longo do tempo.

De acordo com Pasello (2020), a utilização de princípios modulares no processo de concepção de um produto arquitetônico oferece benefícios relevantes, como a flexibilidade adaptativa com o mínimo de esforço e custo, e a capacidade de acomodar modificações com agilidade e precisão. Essa abordagem, quando aplicada ao projeto arquitetônico e à produção industrializada, contribui para a racionalização dos recursos, a simplificação dos processos de obra e o aumento da eficiência logística. Nesse sentido, Gosling *et al*. (2016) apontam que sistemas modulares bem estruturados auxiliam na resolução de problemas recorrentes na construção, como a volatilidade do fluxo de trabalho, atrasos e alterações inesperadas no cronograma.

A norma brasileira NBR 5706/1977, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define a coordenação modular como uma técnica de projeto que estabelece medidas arquitetônicas e dimensionais com base em módulos espaciais compatíveis, visando a padronização e a integração entre os diversos elementos do edifício. O principal objetivo da coordenação modular é promover a compatibilidade entre os componentes, reduzindo desperdícios de materiais e tempo, tanto na fase de projeto quanto na execução em canteiro de obras (Shayeb, 2022).

É importante esclarecer que a coordenação modular não implica, necessariamente, na repetição de elementos idênticos. Conforme observa Shayeb (2022), ainda persiste uma compreensão equivocada de que a modularidade requer uniformidade total. Na prática, módulos distintos podem ser concebidos para se articularem entre si, formando um sistema coerente e funcional, mesmo com diversidade formal ou dimensional entre os componentes. Essa flexibilidade torna a coordenação modular uma ferramenta especialmente relevante para a arquitetura emergencial, na medida em que permite a adaptação das soluções habitacionais às particularidades de cada contexto e população atendida.

Contudo, é fundamental que a adoção dessas tecnologias seja acompanhada de estratégias participativas e sensíveis à realidade das comunidades atingidas. A arquitetura emergencial não pode se restringir a uma resposta técnica, mas deve considerar o acolhimento simbólico e social dos indivíduos reassentados. Como observa a ONG (organização não governamental) TETO (2017), o engajamento das populações afetadas no processo de concepção e implantação das moradias é decisivo para a apropriação dos espaços e o restabelecimento do sentido de pertencimento, identidade e continuidade das relações comunitárias.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar o potencial da arquitetura modular como solução habitacional eficiente para reassentamento pós-crise hidrometeorológica, com base no estudo de caso das unidades implantadas no Rio Grande do Sul em 2024. A investigação busca avaliar os aspectos técnicos, construtivos e sociais envolvidos na aplicação do sistema modular, identificando suas vantagens em termos de agilidade e desempenho, bem como suas limitações e desafios para implementação em políticas públicas de gestão de desastres em contextos de alta vulnerabilidade social.

2 METODOLOGIA

Este estudo adota o método do estudo de caso, conforme delineado por Yin (2015), o qual se revela particularmente adequado para a investigação de fenômenos contemporâneos inseridos em contextos reais e complexos. A escolha por esse método se justifica pela necessidade de compreender a aplicação prática da arquitetura modular em situações emergenciais, considerando variáveis técnicas, sociais, políticas e territoriais que influenciam diretamente os resultados do reassentamento. O estudo de caso permite ainda uma análise detalhada e contextualizada dos processos adotados, das decisões de projeto, da execução e dos impactos gerados pelas unidades habitacionais implantadas no Rio Grande do Sul após as enchentes de 2024.

Além disso, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, com o objetivo de compreender em profundidade o objeto de estudo, sem a pretensão de estabelecer generalizações estatísticas. A abordagem qualitativa é justificada pelo interesse em captar percepções, interpretações e significados atribuídos pelos sujeitos envolvidos no processo, além de analisar documentos e dados técnicos com base em categorias analíticas previamente definidas.

As estratégias de coleta e análise de dados envolveram múltiplas fontes, promovendo a triangulação metodológica, conforme sugerido por Stake (1995) e Yin (2015), o que contribui para o fortalecimento da validade interna do estudo. A combinação dessas estratégias permitiu o cruzamento entre os parâmetros técnicos do modelo modular adotado e sua efetividade na resolução de demandas habitacionais emergenciais em um contexto de calamidade climática. A metodologia adotada visa, portanto, não apenas compreender o desempenho da solução arquitetônica, mas também discutir seus limites, potencialidades e requisitos para sua replicação em políticas públicas de caráter estrutural.

Para a aplicação metodológica foram realizadas duas etapas principais: uma analítica, com o intuito de compreender o contexto real pós-enchente de 2024 no estado do Rio Grande do Sul, entendendo as demandas locais e as necessidades apresentadas. Além disso, na etapa analítica foram estudadas as principais técnicas construtivas de arquitetura modular, bem como o desempenho dessas soluções. Nos itens 2.1 e 2.2 foram abordadas as principais estratégias aplicadas na etapa analítica. A segunda etapa consistiu em uma fase avaliativa com a realização do cruzamento das informações referentes às soluções propostas pelo governo estadual do Rio Grande do Sul com os dados pesquisados, a fim de aferir o potencial da arquitetura modular como solução viável para a resoluções de déficits habitacionais causados por eventos climáticos extremos (mais bem detalhado no item 2.3).

2.1 Revisão bibliográfica e documental

Foi realizada uma análise crítica da literatura científica nacional e internacional sobre habitação emergencial, arquitetura modular e processos de industrialização na construção civil. Foram incorporadas, ainda, diretrizes de organismos internacionais, como o Alto Comissariado das Nações Unidas para Refugiados (ACNUR) e a Fundación Vivienda (2016), com o intuito de compreender parâmetros normativos e técnicos aplicáveis à provisão de moradias em situações de crise. Essa etapa possibilitou a definição de critérios de avaliação para a análise dos casos empíricos, tais como tempo de montagem, qualidade construtiva, eficiência logística, adequação ao perfil dos usuários e desempenho habitacional.

2.2 Levantamento e sistematização de dados de campo

Levantamento e sistematização de dados de campo: foram coletadas informações técnicas referentes às unidades modulares implantadas no estado do Rio Grande do Sul, abrangendo especificações construtivas, sistemas estruturais, materiais utilizados, estratégias de montagem, custos por unidade, tempo de produção e instalação. Também foram consideradas informações institucionais fornecidas por fontes governamentais e reportagens técnicas sobre os projetos executados em cidades como Ivoti, Encantado, Estrela, entre outras.

2.3 Avaliação arquitetônica

Embora de forma exploratória, foram consideradas avaliações qualitativas relacionadas à recepção das unidades pelas famílias reassentadas, observando aspectos como conforto térmico, organização espacial interna, funcionalidade e adequação à estrutura familiar. Essa dimensão buscou contribuir com a análise do grau de satisfação e de apropriação simbólica das habitações emergenciais.

3 RESULTADOS

A arquitetura emergencial é comumente dividida em duas fases: a imediata e a temporária (Quadro 1). A primeira corresponde à resposta urgente diante da calamidade, caracterizada por abrigos improvisados como tendas, ginásios ou instalações provisórias de proteção mínima. A segunda fase, que constitui o foco deste estudo, refere-se à etapa de habitação temporária estruturada, na qual os indivíduos reassentados retomam parte de sua rotina familiar e comunitária, ainda que em condições transitórias, até a disponibilização de moradias definitivas (Quarantelli, 1991 e Silva, 2013a).

Quadro 1: Definições de Arquitetura Emergencial com base em Quarantelli, (1991) e Silva (2013)

TIPOS DE ARQUITETURA EMERGENCIAL	CLASSIFICAÇÕES	DESCRIÇÃO
ARQUITETURA EMERGENCIAL IMEDIATA	Abrigo de emergência	Ira ocorrer em qualquer local, embaixo uma escada, ou dentro de um carro ou em tendas de abrigo.
	Abrigo de temporário	Lugares que terão um espaço para dormir, banho e cozinhar. São alojamentos comunitários, geralmente disponíveis em ginásios, igrejas ou escolas.
ARQUITETURA EMERGENCIAL TEMPORARIA	Habitações temporárias	Essa será a fase em que os sobreviventes retomarão à sua rotina diária normal, com seus grupos familiares, mas em um local temporário.
	Habitações transitórias ou permanentes	Um alojamento permanente tomará lugar do que foi destruído ou do abrigo no qual a família se encontrava, com isso, o processo de recuperação estará concluído

Fonte: autores (2025)

3.1 Estudo de caso

No caso das enchentes que atingiram o estado do Rio Grande do Sul em maio de 2024, a arquitetura modular foi amplamente adotada como solução para o reassentamento emergencial. Inserido no escopo do Plano Estadual de Habitação de Interesse Social e do Programa Plano Rio Grande, o projeto propõe a produção de 500 unidades habitacionais com estrutura modular, visando uma resposta rápida e coordenada às populações afetadas. Cada unidade possui 27 m², contendo dormitório, banheiro, sala e cozinha integradas, e foi concebida com foco em eficiência, baixo custo e tempo reduzido de entrega (Figura 1).

Figura 1: Protótipo da habitação provisória doadas para os afetados pelas enchentes



Fonte: Jürgen Mayrhofer/Secom (2024)

A distribuição das unidades habitacionais foi realizada com base em um planejamento estratégico, para garantir uma alocação eficiente dos recursos e a priorização das áreas mais afetadas. O primeiro lote de habitações foi entregue em diferentes municípios do Rio Grande do Sul, com uma quantidade de unidades variando entre 18 e 113 moradias por cidade (Tabela 1). Essa estratégia teve como princípio oferecer uma resposta rápida e organizada à crise habitacional, reduzindo o tempo de espera das famílias desabrigadas e promovendo a retomada da normalidade com maior agilidade.

Tabela 1: Cidade a quantidade de casas modulares entregues pelo governo

CIDADES DO RIO GRANDE DO SUL	QUANTIDADE DE CASAS
Encantado	80
Estrela	113
Arroio do Meio	40
Cruzeiro do Sul	28
Rio Pardo	39
São Jerônimo	18
São Leopoldo	60
Triunfo	48
TOTAL	426

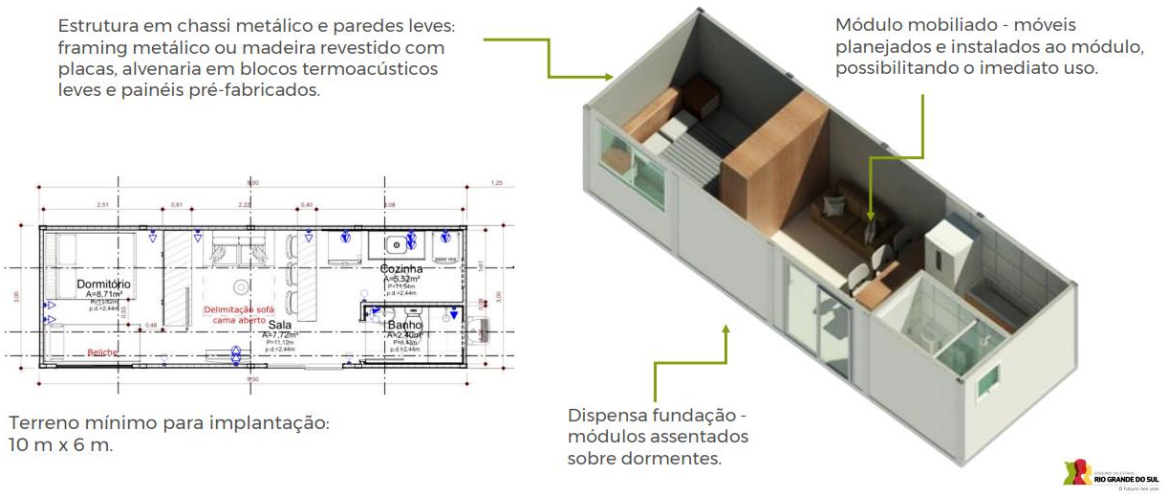
Fonte: Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2024)

O processo construtivo baseou-se na lógica da manufatura seriada, similar à adotada na indústria automotiva. As unidades foram produzidas em linha de montagem com estações especializadas, o que permitiu sua entrega em até 30 dias após a preparação do terreno. O custo unitário foi estimado em R$ 133.400,00. As moradias foram distribuídas de forma estratégica entre diversos municípios afetados, em números que variaram entre 18 e 113 unidades por localidade, conforme a gravidade do impacto e a urgência da demanda (Governo do RS, 2024).

3.2 Aspectos técnico-construtivos e desempenho

A avaliação dos aspectos construtivos revelou importantes ganhos operacionais. O sistema adotado é baseado em estruturas em *steel frame* com perfis de aço galvanizado, chapas de concreto com fibras de vidro para os fechamentos externos, esquadrias de alumínio e piso vinílico. Internamente, as paredes foram revestidas com mantas termoacústicas, proporcionando desempenho térmico e conforto ambiental mesmo em regiões com grande variabilidade climática (Figura 2). O projeto também previu manutenção reduzida, com superfícies autolaváveis e resistentes ao desgaste. Os módulos foram entregues totalmente equipados, com mobiliário sob medida e eletrodomésticos, garantindo condições mínimas de habitabilidade imediata.

Figura 2: Estrutura das habitações temporárias do Governo do Estado - RS



Fonte: Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2024)

A implantação em campo exigiu apenas instalação de sapatas e conexões com redes de infraestrutura (água, esgoto e energia), otimizando o tempo de montagem e reduzindo a dependência de mão de obra local. Dados comparativos com experiências internacionais, como o projeto **Gable Roof Shelter** no Nepal (UN-HABITAT, 2015) e as unidades modulares adotadas na Turquia e no Haiti (IFRC, 2013), demonstram que a solução brasileira está alinhada com boas práticas internacionais, principalmente quanto à padronização, rapidez construtiva e uso eficiente de materiais.

3.3 Considerações dos resultados

A análise dos resultados confirma que a concepção prévia e a aplicação de sistemas modulares possibilitam uma resposta eficaz às situações de crise, otimizando recursos e aumentando a capacidade de resposta institucional. A industrialização permitiu uma redução de até 70% no tempo de montagem e de aproximadamente 30% nos custos, em comparação com sistemas construtivos tradicionais (Shayeb, 2022; Andrade *et al*., 2021).

Do ponto de vista da construtibilidade, a modularidade se revelou vantajosa por reduzir o desperdício de materiais, facilitar a logística de transporte e montagem, e permitir escalabilidade com controle de qualidade padronizado. Entretanto, foram identificados desafios no dimensionamento espacial das unidades frente às diferentes composições familiares, bem como na ausência de espaços coletivos e infraestrutura comunitária nos assentamentos.

A pesquisa também apontou a importância de considerar a familiaridade dos usuários com os materiais e sistemas empregados, bem como a possibilidade de reutilização e reciclagem dos componentes, como elementos que contribuem para a sustentabilidade do modelo. O *benchmarking* com outras experiências internacionais reforça a viabilidade da solução modular adotada no Brasil, desde que acompanhada de planejamento urbano sensível, diretrizes técnicas claras e participação comunitária no processo decisório.

4 DISCUSSÃO

A análise dos resultados demonstra que a arquitetura modular, especialmente quando associada a processos industrializados, representa uma alternativa promissora para o reassentamento habitacional em contextos de crise climática. A industrialização do processo construtivo viabiliza ganhos substanciais em termos de rapidez, controle de qualidade e eficiência logística, aspectos centrais na resposta emergencial a desastres hidrometeorológicos (Gosling *et al*., 2016; Passello, 2020). No caso do Rio Grande do Sul, observou-se significativa redução no tempo de entrega e na necessidade de mão de obra local, permitindo a ocupação rápida das unidades por populações desabrigadas.

Por outro lado, para que a arquitetura modular se consolide como solução habitacional eficiente, é necessário que seu desempenho vá além da agilidade construtiva. A eficácia habitacional, especialmente em contextos emergenciais, deve ser compreendida a partir de múltiplas dimensões — físicas, sociais, psicológicas e culturais — que envolvem não apenas o abrigo em si, mas também a reconfiguração da vida cotidiana, o acolhimento simbólico e a reconstrução dos vínculos comunitários (Rimi, 2018; TETO, 2017).

Embora o sistema modular adotado no Rio Grande do Sul tenha demonstrado robustez técnica e rapidez na entrega, aspectos críticos emergem quando se analisa sua adequação espacial e sociocultural. As unidades de 27 m², padronizadas para atender famílias diversas, apresentam limitações significativas quando destinadas a grupos familiares compostos por quatro ou mais membros. A literatura sobre habitação emergencial recomenda, conforme a experiência da IFRC (2013) e da UN-Habitat (2015), que as moradias temporárias sejam adaptadas à configuração familiar, ao clima local e à cultura dos usuários, o que não foi integralmente observado neste caso.

Embora sistemas modulares permitam expansão por meio do acoplamento de novos módulos, não há indícios de que esse potencial tenha sido efetivamente explorado ou comunicado às famílias beneficiadas. Isso revela uma fragilidade na gestão participativa do projeto e na articulação entre tecnologia e contexto social. Estudos como o de Kılıç e Turgut (2022) demonstram que a flexibilidade do modelo modular é uma das suas maiores vantagens, mas sua eficácia depende da existência de protocolos claros de customização, uso e acompanhamento das unidades implantadas.

Outro ponto crítico refere-se à ausência de espaços coletivos e áreas de convivência nos assentamentos. Como demonstrado no registro fotográfico (Figura 3), os conjuntos habitacionais foram organizados com alta densidade e sem planejamento paisagístico, pátios ou zonas de lazer. A falta de infraestrutura urbana mínima — como praças, áreas de recreação e mobiliário urbano — compromete a qualidade da experiência habitacional, sobretudo para famílias com crianças, e reforça a condição de transitoriedade forçada, mesmo em situações que tendem a se estender por meses ou anos.

Figura 3: Primeiras habitações temporárias entregues para as cidades de Encantado (esquerda) e Triunfo (direita)



Fonte: Maurício Tonetto/Secom (2024)

Essa ausência de espacialidades coletivas contraria as diretrizes da literatura sobre arquitetura de emergência, que ressaltam a importância da criação de espaços de encontro, apoio mútuo e reconstrução comunitária (D'Cruz e Satterthwaite, 2014; Sharifi, 2021). A ausência de um planejamento urbanístico mesmo que mínimo também fragiliza os aspectos de resiliência psicossocial, como observado por Esteves e Verbicaro (2020), ao não considerar a habitação como vetor de estabilidade emocional e simbólica para populações afetadas.

Adicionalmente, os achados reforçam a importância de diagnósticos participativos prévios à implantação das unidades, como propõe a metodologia da ONG TETO (2017). A coleta de informações socioeconômicas e demográficas e a escuta ativa das comunidades são fundamentais para orientar o dimensionamento, o layout interno, as tipologias e o arranjo urbano das soluções. Sem esse tipo de escuta, o risco de inadequação técnica e rejeição simbólica das habitações aumenta substancialmente.

Do ponto de vista ambiental, os dados obtidos corroboram a literatura técnica que aponta a construção modular como uma alternativa mais sustentável quando comparada aos métodos tradicionais. A redução de resíduos, o controle de perdas e o uso racional de materiais industrializados contribuem para mitigar os impactos ambientais do setor da construção civil (Tenório *et al*., 2024; Gonçalves e Almeida, 2022). No entanto, a sustentabilidade plena do modelo depende também de estratégias de reutilização dos módulos, durabilidade dos materiais e planejamento do ciclo de vida das unidades — fatores que ainda carecem de políticas públicas específicas e incentivos à escala.

Por fim, a experiência do Rio Grande do Sul evidencia que, embora tecnicamente viável, a eficácia da arquitetura modular como solução habitacional emergencial depende de integração intersetorial, planejamento urbano articulado, participação das comunidades afetadas e políticas públicas permanentes que considerem a habitação como um direito social, e não apenas uma necessidade pontual em situações de crise.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo avaliar a arquitetura modular como solução habitacional eficiente para o reassentamento de populações afetadas por desastres hidrometeorológicos, tomando como referência as unidades implantadas no Rio Grande do Sul em 2024. A análise desenvolvida confirma que a adoção de sistemas construtivos modulares industrializados é uma estratégia viável e eficaz em contextos de emergência, especialmente no que se refere à rapidez de produção, à racionalização de recursos e à minimização dos impactos ambientais — pontos já reconhecidos por autores como Gosling *et al*. (2016) e Passello (2020).

A principal resposta encontrada a partir do estudo de caso é que a arquitetura modular, quando bem planejada e articulada com políticas públicas estruturadas, pode não apenas oferecer uma solução habitacional emergencial de qualidade, mas também pavimentar caminhos para respostas habitacionais mais sustentáveis e permanentes. O caso analisado ampliou o que já se conhecia na literatura ao demonstrar, com dados empíricos, como a industrialização da construção viabilizou a entrega de centenas de unidades em tempo reduzido, com padrão técnico satisfatório e menor dependência de infraestrutura local — confirmando tendências apontadas por Kilic e Turgut (2022) e UN-Habitat (2015).

Contudo, o estudo também evidenciou lacunas importantes no processo de implementação. A ausência de planejamento urbano para os assentamentos, a limitação do espaço interno das unidades (27 m²) e a falta de áreas coletivas revelam que, apesar de sua viabilidade técnica, a arquitetura modular não é, por si só, suficiente para garantir qualidade habitacional plena. Conforme apontado por Rimi (2018) e D'Cruz e Satterthwaite (2014), a eficácia de soluções emergenciais depende da integração entre aspectos construtivos e socioterritoriais, bem como da participação ativa dos moradores no processo de decisão e apropriação dos espaços.

A interlocução com a teoria do "espaço vivido" de Pallasmaa (2012) enriquece essa análise, ao destacar que a arquitetura não se resume à funcionalidade de seus elementos físicos, mas envolve também a experiência subjetiva dos usuários e sua relação com o ambiente. O espaço habitado deve, idealmente, possibilitar construção de memórias, identificação cultural e sensação de pertencimento — aspectos que foram, em parte, negligenciados nos assentamentos provisórios analisados.

Assim, a pesquisa contribui com novos aprendizados ao demonstrar que a eficácia da arquitetura modular não reside apenas em sua capacidade construtiva, mas na maneira como ela é inserida em um planejamento urbano sensível, participativo e orientado para a dignidade humana. O caso do Rio Grande do Sul mostrou que, embora a modularidade seja um instrumento potente de resposta rápida, sua implementação requer maior articulação entre setores técnicos, sociais e institucionais.

Para desdobramentos futuros, recomenda-se que novas pesquisas explorem: a integração de habitações modulares com espaços públicos e serviços urbanos mínimos; modelos de participação comunitária no planejamento dos assentamentos; e indicadores de desempenho social das soluções emergenciais, considerando conforto, bem-estar e identidade cultural. Além disso, estudos comparativos internacionais poderão contribuir para sistematizar diretrizes aplicáveis a diferentes contextos de crise, promovendo uma base mais sólida para a institucionalização de políticas habitacionais de emergência com qualidade e equidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ACNUR. *Tendências globais: deslocamento forçado em 2022*. Alto Comissariado das Nações Unidas para Refugiados. Disponível em: https://www.acnur.org. Acesso em: 10 maio 2024.

ANDERS, Gustavo Caminati. *Abrigos temporários de caráter emergencial*. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ANDRADE, Daniel Paulo et al. Arquitetura emergencial: considerações sobre as respostas projetuais à pandemia da Covid-19. *Revista Projetar – Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 128–140, 2021.

ANDRADE, J. L.; MOURA, R. S.; TEIXEIRA, A. M. Industrialização da construção civil e arquitetura modular: análise de desempenho em habitações emergenciais. *Revista Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 16, n. 2, p. 94–112, 2021.

D'CRUZ, C.; SATTERTHWAITE, D. Building homes, changing official approaches: the work of urban poor organizations and their federations and their contributions to meeting the Millennium Development Goals in urban areas. *Environment and Urbanization*, v. 17, n. 1, p. 21–56, 2014.

ESTEVES, Hiago; VERBICARO, Rafaela. Modelo de habitação emergencial e temporária. *Revista Ímpeto*, n. 10, 2020.

FGV. *Boletim de impacto econômico e social das enchentes no Rio Grande do Sul*. Centro de Estudos em Sustentabilidade – FGVces, São Paulo, 2024.

FUNDACIÓN VIVIENDA (Chile). *Reflexiones sobre la emergencia: territorio, vivienda e institucionalidad en contextos de desastres socioambientales*. Santiago: Fundación Vivienda, 2016. 152 p.

GONÇALVES, P.; ALMEIDA, M. S. Avaliação ambiental de sistemas pré-fabricados na construção civil. *Revista Ambiente Construído*, v. 22, n. 3, p. 87–104, 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Casas temporárias – Plano Rio Grande*. 2025. Disponível em: https://planoriogrande.rs.gov.br/casas-temporarias. Acesso em: 8 mar. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Relatório de situação – Enchentes RS 2024*. Defesa Civil Estadual, Porto Alegre, 2024. Disponível em: https://defesacivil.rs.gov.br. Acesso em: 2 jun. 2025.

GOSLING, J. et al. Defining and categorizing modules in building projects: an international perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016062, 2016. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001181.

IFRC – INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES. *Transitional shelters: eight designs*. Geneva: IFRC, 2013. Disponível em: https://www.ifrc.org. Acesso em: 2 jun. 2025.

KILIC, E.; TURGUT, H. Modular construction as a post-disaster shelter solution: potential and limitations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 80, p. 103245, 2022.

OLIVEIRA, M.; GAFFURI, A.; MOURA, D. Proposta de sistema modular em bambu para habitação emergencial. *MIX Sustentável*, v. 8, n. 1, p. 102–116, 2021. Acesso em: 1 jun. 2025.

PALLASMAA, Juhani. *Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos*. Porto Alegre: Artmed, 2012.

PASSELLO, Bruno José Olivari. *A modularidade na indústria da construção brasileira: o desenvolvimento de um sistema modular para o Pantanal*. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

PEREIRA, C.; VIEIRA, L. M. Arquitetura emergencial: desafios e potencialidades em contextos de crise climática no Brasil. *Revista Arq.Urb*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 45–62, 2023.

RAMOS, Erika Pires. *Refugiados ambientais: em busca de reconhecimento pelo direito internacional*. São Paulo: EP Ramos, 2011.

RIMI, Paula Mendes Thomaz. *Abrigo emergencial em madeira: proposta de uma habitação digna, modular e sustentável*. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

SHARIFI, A. Urban form resilience: a review on resilience to climate-related disasters. *Habitat International*, v. 111, 2021.

SHAYEB, Patrícia. *Arquitetura modular e pré-fabricação: estratégias para habitação emergencial*. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

SILVA, C. L. M. M. *Arquitetura temporária de emergência*. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Lusíada de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: http://repositorio.ulusiada.pt/handle/11067/506?locale=pt. Acesso em: 1 jun. 2025.

TENÓRIO, M. et al. Contemporary strategies for the structural design of multi-story modular timber buildings: a comprehensive review. *Applied Sciences*, v. 14, n. 8, p. 3194, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/app14083194.

TETO. *Manual de construção: Casa grande*. São Paulo: Teto – Brasil, 2017. 25 p.

UN-HABITAT. *Gable roof shelter for earthquake-affected families in Nepal: technical guidelines*. United Nations Human Settlements Programme, 2015. Disponível em: https://unhabitat.org. Acesso em: 2 jun. 2025.

YANG, Yuri Alfonso. *Abrigo emergencial: solução modular expansível para assistência humanitária*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.