

RELATÓRIO TÉCNICO SUBMETAS 8.2.2 e 8.2.3

Relatório sobre proposta de nova Norma Técnica:
Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção

RELATÓRIO TÉCNICO - SUBMETAS 8.2.2 e 8.2.3

RELATÓRIO SOBRE PROPOSTA DE NOVA NORMA TÉCNICA: PLATAFORMAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: PADRONIZAÇÃO DAS DIMENSÕES ARQUITETÔNICAS E PRODUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE KITS DE CONSTRUÇÃO

Data de elaboração: dezembro, 2022.

Data de revisão: outubro, 2025.

FICHA TÉCNICA

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS

Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços

Departamento de Desenvolvimento da Indústria de Bens de Consumo Não Duráveis e Semiduráveis

Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Indústria da Construção Civil

Thaise Pereira Pessoa Dutra

(Coordenadora-Geral de Desenvolvimento da Indústria da Construção Civil/ Gestora do Termo de Colaboração)

Kátia Helena de Oliveira Lima

(Analista de sistemas/ Gestora do Termo de Colaboração-Substituta)

RECEPETI - Rede Catarinense de Inovação

CNPJ: 05.377.815/0001-08

Endereço: Rod SC 401, 600 Ed. Inova – Parque Tec. Alfa, João Paulo

CEP: 88.030-900

Rodrigo Broering Koerich

(Coordenador geral)

Paulo Alfredo Müller Filho

(Gerente do projeto)

EQUIPE META 8

EQUIPE EXECUTIVA

Sergio Scheer

(Líder da meta)

Daniela Dietz Viana

(Coordenadora da equipe técnica de desenvolvimento e pesquisadora)

Este relatório é referente à proposta de NBR referente às submetas 8.2.2 e 8.2.3

Dóris Zechmeister Bragança Weinmann
(Coordenadora da equipe técnica de desenvolvimento e pesquisadora)

Alexandra Staudt Follmann Baldauf
(Pesquisadora)

Aline Zini
(Pesquisadora)

Cynthia dos Santos Hentschke
(Pesquisadora)

Amanda Rosa Machado
(Bolsista de iniciação científica)

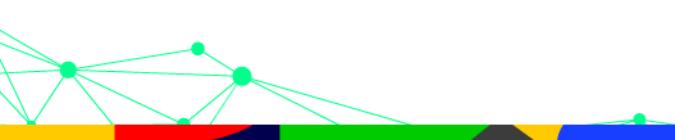
Gabriel Benvenutti Schaab
(Bolsista de iniciação científica)

Julia Maria Ferreira Carlos
(Bolsista voluntária)

Pedro Constantinou Ruwer
(Bolsista de iniciação científica)

Poliana Antunes
(Bolsista de iniciação científica)

Sarah Machado Paiva Barreto
(Bolsista de iniciação científica)



GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO

I Fabricante de componentes e sistemas

ABCEM

Ulysses Barbosa Nunes
(Diretor Executivo)

ABCIC

Íria Lícia Oliva Doniak
(Presidente Executiva)Luis André Tomazoni
(Diretor Técnico)

ABRAMAT

Rodrigo Navarro
(Presidente Executivo)Laura Marcellini
(Diretora Técnica)Arthur Silva
(Assessor)

AFEAL

Fernando Rosa
(Gerente Geral)

Antonio Edison Limeira Junior

ANFACER

Anderson Vieira
(Representante)Claudia Gonçalves
(Representante)Ana Paula Margarido
(Representante)

DRYWALL

Luiz Antônio Martins Filho
(Presidente)Carlos Roberto de Luca
(Gerente Técnico)

II Academia

ANTAC

Alexandre Bertini
(Professor UFC)Eduardo Luis Isatto
(Professor UFRGS)

III Projeto

ABRASIP

Milton Henrique Gomes
(Presidente)

ABRAVA

Miguel Ferreira
(Representante)Francisco Pimenta
(Representante)

AsBEA

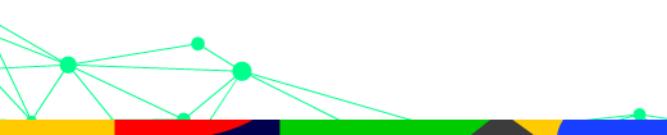
Fernanda Basques
(Presidente AsBEA- MG)Gustavo Bruno Andrade Amorim
(AsBEA-CE)

SINAENCO

Carlos Roberto Soares Mingioni
(Presidente)Gustavo Dantas de Castro Lima
(Representante)Guy Lapouble
(Representante)Késia Alves da Silva
(Representante)

IV Construtores

CBIC

Leila Sobral
(Comissão Proj. Inov. & Tecnol.)

Nota de apresentação

Este relatório resulta em uma minuta de proposta de texto base para norma ABNT, intitulada como “Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção”. A proposição de texto é apresentada como Apêndice A do presente documento e foi encaminhada para a ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, portanto está anexada como minuta neste relatório.

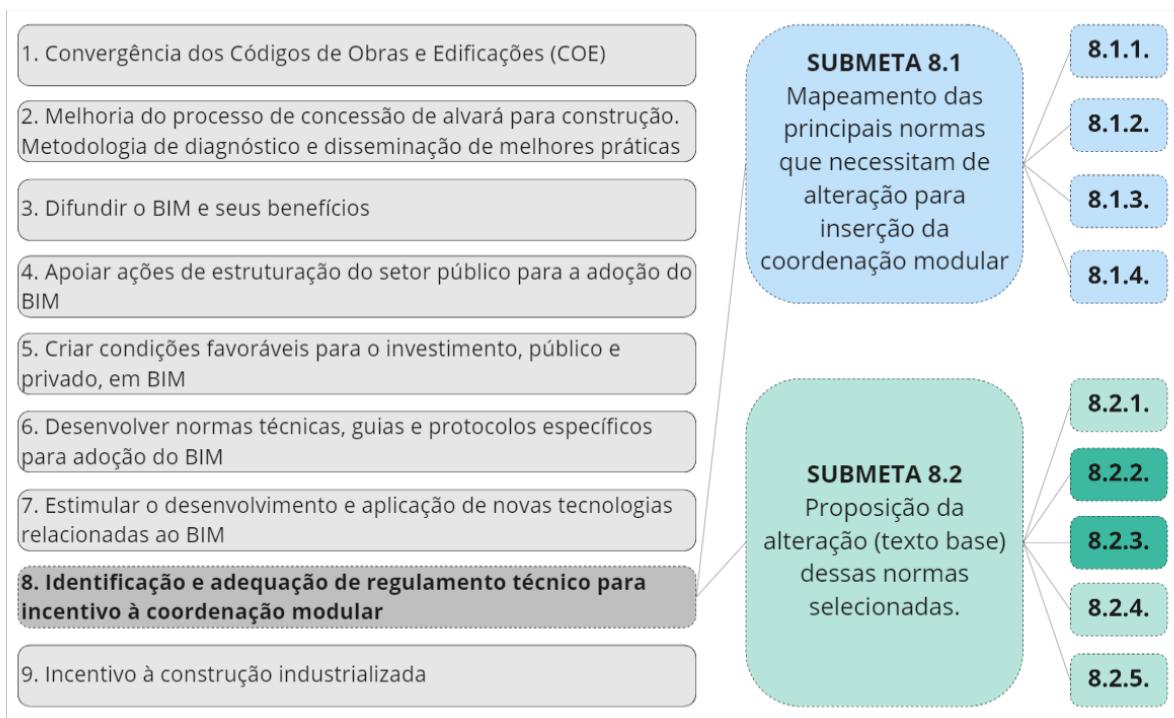
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 PROPOSTA PARA NOVA NBR	8
3 MÉTODO	10
3.1 CENÁRIOS: NACIONAL E INTERNACIONAL	10
3.2 CÓDIGOS DE OBRAS E NORMATIVAS NACIONAIS	13
3.3 REUNIÕES COM O GTC	14
3.4 REUNIÕES E WORKSHOP DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	15
4 RESULTADOS	16
4.1 PLATAFORMAS	16
4.2 PADRONIZAÇÃO DAS DIMENSÕES ARQUITETÔNICAS	24
4.3 PRODUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE KITS PARA CONSTRUÇÃO	31
4.4 CONTRIBUIÇÕES DO GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO (GTC)	38
4.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	39
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta a entrega referente às etapas 8.2.2 e 8.2.3, pertencentes à META 8 – Identificação e adequação de regulamento técnico para incentivo à coordenação modular, pertencente ao eixo de industrialização, do Edital 3/2019 ME e o Termo de Colaboração celebrado entre o Ministério de Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e a Rede Catarinense de Inovação (RECEPETI).

Figura 1 - As 9 metas do Termo de Colaboração ME RECEPETI, destaque para Meta 8 e suas submetas



Fonte: Adaptado do Edital de Chamamento Público no 03/2019

As submetas 8.2.2 e 8.2.3 são parte de um conjunto de proposições que compõem a Meta 8 do Termo de Colaboração para execução de ‘Ações para promover ganho de produtividade e competitividade do setor de construção civil’. Esse conjunto de metas e submetas pode ser observado na Figura 1. As ações 8.2.2 e 8.2.3 (previstas pelo Plano de Trabalho do EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO nº 03/2019) correspondem a:

Etapa 8.2.2 - Definição de escopo e texto base de projeto de norma para padronização de dimensões arquitetônicas para habitações de interesse social.

Etapa 8.2.3 - Definição de escopo e texto base de projeto de norma para produção de kits para construção.

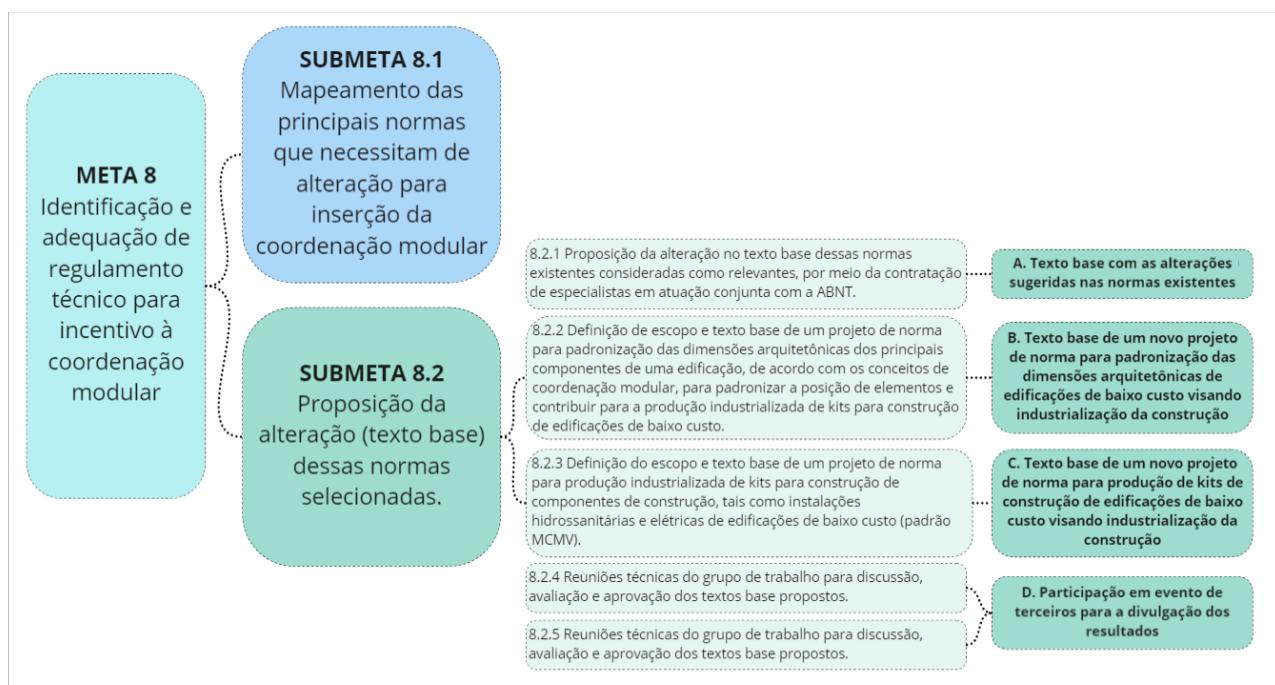
As ações esperadas das etapas são:

Etapa 8.2.2 - Definição de escopo e texto base de um novo projeto de norma para padronização das dimensões arquitetônicas de habitação de interesse social, visando a industrialização da construção.

Etapa 8.2.3 - Definição de escopo e texto base de um projeto de norma para a produção de kits de construção de habitação de interesse social, visando a industrialização da construção.

A Figura 2 indica os entregáveis da Meta 8, ressaltando as etapas deste Relatório referente às submetas 8.2.2 e 8.2.3. Este relatório apresenta os entregáveis B e C, listados abaixo.

Figura 2 - Meta 8 do Termo de Colaboração ME RECEPETI, destaque para as submetas 8.2.2 e 8.2.3



Fonte: Adaptado do Edital de Chamamento Público no 03/2019

A proposta completa para os entregáveis 8.2.2 e 8.2.3 foi entregue em separado.

2 PROPOSTA PARA NOVA NBR

A proposta para uma nova norma técnica para a ABNT, buscando a industrialização da construção, foi intitulada **“Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção”** e está dividida em três partes:

Parte 1: Plataformas;

Parte 2: Padronização das dimensões arquitetônicas;

Parte 3: Produção industrializada de kits para construção.

A parte 1 introduz os conceitos principais e abrange de forma mais geral plataformas para habitações de interesse social. Nas partes 2 e 3 há uma abordagem focada em como utilizar as ferramentas propostas na parte 1, de maneira a viabilizar um certo grau de padronização para HIS e o desenvolvimento de kits para construção. A macro estrutura da proposta é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Macro estrutura da proposta de nova NBR



Fonte: Os autores.

Atualmente, no Brasil, a industrialização da construção ainda não é objeto de normativas técnicas específicas, não obstante ser possível lançar mão dos recursos providos por

RELATÓRIO TÉCNICO – SUBMETAS 8.2.2 e 8.2.3

normas voltadas para componentes, elementos e sistemas específicos. Dessa forma, a proposta de norma aqui apresentada buscou abranger o que vem sendo citado internacionalmente em termos de avanço para a industrialização da construção. A norma baseia-se em conceitos importantes para o setor.

3 MÉTODO

Neste capítulo, é apresentado o método utilizado para o desenvolvimento do texto para a proposição da norma que visa a industrialização da construção. São analisadas as referências bibliográficas nacionais e internacionais atuais sobre o tema e as metodologias aplicadas em outros países na busca da industrialização da construção.

Além disso, são apresentados os códigos de obras e demais normativas que trazem as indicações aplicáveis para dimensões arquitetônicas mínimas em projetos de edificações habitacionais. Além da revisão de literatura e normas pertinentes para esse contexto, foi desenvolvido um workshop e foram realizadas algumas entrevistas abertas para embasar a proposta das novas normas.

3.1 CENÁRIOS: NACIONAL E INTERNACIONAL

O desenvolvimento da proposta de norma objeto deste relatório baseou-se na identificação das melhores práticas de regulamentação, nos cenários nacional e internacional, em relação à industrialização da construção e discussão dos conceitos pertinentes para a proposta, como plataforma, padronização e kits para construção. O Quadro 1 traz as principais referências utilizadas ao longo do processo como base para o entendimento e consolidação do tema.

Quadro 1 - Referências bibliográficas base para o desenvolvimento das propostas de norma visando a industrialização da construção

AUTOR E ANO	TÍTULO	CONCEITOS ANALISADOS
CIH, 2021	<i>Platform Design Programme: Defining the Need</i>	conceito de kits para construção
CIH, 2022	<i>The Product Platform Rulebook Consultation</i>	plataformas, kits para construção, padronização, família de produtos, variantes, produtos derivados.
Pullen, 2022	<i>Scaling up off-site construction in Southern California</i>	industrialização, kits para construção, níveis de industrialização dos componentes elementos e sistemas, BIM, configurador, arquitetura paramétrica e design generativo

Cao, Bucher, Hall, Lessing, 2021	<i>Cross-phase product configurator for modular buildings using kit-of-parts</i>	configuradores, customização em massa
Goh, e Loosemore, 2017.	<i>The impacts of industrialization on construction subcontractors: a resource based view</i>	conceitos de industrialização, pods
Brutting, Senatore, Fivet, 2021.	<i>Design and fabrication of a reusable kit of parts for diverse structures</i>	reuso, juntas, interfaces, modelo digital, prototipagem
UK Government Cabinet Office, 2020.	<i>The Construction Playbook</i>	Modern Methods of Construction (MMC)
Veloso, Celani, Scheeren, 2018	<i>From the generation of layouts to the production of construction documents: An application in the customization of apartment plans</i>	BIM, arquitetura paramétrica, gramática das formas.
Yuan, Sun, Wang, 2018.	<i>Design for manufacture and assembly-oriented parametric design of prefabricated buildings</i>	BIM, arquitetura paramétrica, fluxogramas
Monizza, Rauch e Matt, 2017.	<i>Parametric and Generative Design for mass customization in the building industry</i>	arquitetura paramétrica, design generativo, customização em massa, uso de sistemas construtivos industrializados, configurador.
Isaac, Bock, Stolar, 2016.	<i>A methodology for the optimal modularization of building design</i>	módulos pré-fabricados; graph-based methodology; conexões; interfaces
Jensen, Lidelöw, Olofsson, 2015.	<i>Product configuration in construction</i>	customização em massa, modularidade, arquitetura do produto, plataformas de produtos, configuradores, produtos em (ou dentro de) produtos
Bonev, 2015	<i>Enabling mass customization in engineer-to-order Industries: a multiple mass study analysis on concepts, methods and tools</i>	plataforma, arquitetura de produto, espaço de solução, família de produtos

Hentschke, 2014	<i>Método para identificar atributos customizáveis na habitação baseado no modelo conceitual Cadeia Meios-Fim</i>	customização em massa, espaço de solução, ponto de desacoplamento do pedido do cliente,
Algeddawy e ElMaraghy, 2013.	<i>Reactive Design Methodology for product family platforms, modularity and parts integration</i>	plataforma, modularidade, famílias de produtos, interfaces
Howe, Ishii e Yoshida, 2009	<i>Kit-of-parts a review of object-oriented construction techniques</i>	kit-of-parts, automated construction
Sass, 2009	<i>Parametric Constructionist Kits: Physical Design and Delivery System for Rapid Prototyping Devices</i>	prototipagem rápida
Veenstra, Halman, Voordijk, 2006.	<i>A methodology for developing product platforms in the specific setting of the housebuilding industry</i>	kits, plataforma, configurador, customização em massa.
Simpson, 2004.	<i>Product platform design and customization: status and promise</i>	plataforma, família de produtos

Fonte: Os autores.

A revisão da literatura especializada possibilitou a compilação dos principais conceitos e a elaboração de um glossário de termos e definições pertinentes para a proposta de norma objeto do presente relatório. É importante destacar que muitos desses conceitos ainda estão em processo de adaptação pela indústria voltada à construção. Assim, na proposta de norma, esses são utilizados como base, e adaptados para o contexto específico da construção e produção de habitação de interesse social (HIS).

Além disso, a revisão de textos internacionais focados na adoção de plataformas na construção inspiraram a proposta de incorporar esses conceitos articuladores. Nesse contexto, a padronização das dimensões arquitetônicas e a produção industrializada de kits para construção são consideradas passos para alcançar ou operacionalizar um objetivo maior que seria a adoção de plataformas, resultando em benefícios como escalabilidade, racionalização e eficiência, além de promover a industrialização da construção, principalmente a aberta, incentivando a interoperabilidade entre componentes, elementos e sistemas.

3.2 CÓDIGOS DE OBRAS E NORMATIVAS NACIONAIS

Concomitante ao trabalho de pesquisa e análise das referências bibliográficas, buscou-se, também, trabalhar com os códigos de obras, portarias de programas governamentais para HIS e normativas nacionais. Estes documentos regem as dimensões arquitetônicas mínimas para projetos habitacionais no Brasil. Assim, buscou-se compreender se há uma padronização da indicação de medidas e quais seriam esses valores.

O Quadro 2 lista os códigos de obras, as normas técnicas e as normas regulamentares estudados para levantamento de dados atualizados.

Quadro 2 - Normativas, códigos de obras e portarias analisados como referência de base para padronização das dimensões arquitetônicas nas HIS

NORMA	TÍTULO
NBR 15575 (ABNT, 2021)	Edificações habitacionais — Desempenho
NBR 9050 (ABNT, 2020)	Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos
CÓDIGOS DE OBRAS	
Código de obras de Porto Alegre	
Código de obras de Florianópolis	
Código de obras de Curitiba	
Código de obras de São Paulo	
Código de obras de Belo Horizonte	
Código de obras de Salvador	
Código de obras de Palmas	
Código de obras de Fortaleza	
PORTARIAS	
PORTARIA No 532, DE 23 DE FEVEREIRO DE 2022 (Casa Verde e Amarela)	
PORTARIA No 959, DE 18 DE MAIO DE 2021 (Casa Verde e Amarela)	
PORTARIA No 660, DE 14 DE NOVEMBRO DE 2018 (Casa Verde e Amarela)	

Fonte: Os autores.

A partir do estudo dos documentos indicados no Quadro 2, pode-se observar o vasto número de medidas a serem consideradas nos projetos arquitetônicos, levando ao entendimento de que a proposta de norma técnica poderia regulamentar a padronização de dimensões arquitetônicas de forma a facilitar o processo de projeto, porém, sem restringir soluções arquitetônicas. Mais ainda, nos casos das HIS, observou-se que essa proposta não deve isentar ou substituir as diversas dimensões de desempenho associadas à habitação. Ademais, buscou-se, também, alinhar as medidas estudadas nestes documentos, com os conceitos de projeto desenvolvidos na proposta de revisão da norma de coordenação modular (NBR 15873), promovendo uma industrialização mais aberta entre componentes, elementos e sistemas.

3.3 REUNIÕES COM O GTC

A partir de reuniões com o Grupo Técnico Consultivo - GTC, pode-se desenvolver um debate a partir das necessidades do setor; de como estes intervenientes veem o desenvolvimento, os desafios, barreiras e os próximos passos para a industrialização da construção no Brasil. Focou-se, especialmente, a temática relacionada à padronização de dimensões para HIS e o desenvolvimento de kits para construção.

Buscou-se, assim, entender as expectativas do grupo, considerando-se a situação atual de mercado, para que a proposta de norma técnica seja uma ferramenta à industrialização da construção no Brasil. As reuniões contribuíram para o levantamento e definição de termos vinculados ao tema, além do melhor entendimento de como as normas técnicas, as normas regulamentares e os Códigos de Obras em vigor funcionam e como o desenvolvimento desta nova proposta de norma técnica pode auxiliar o setor da construção civil.

Além das atividades desenvolvidas, após a construção de minuta do texto base da proposta de norma técnica regulamentadora da industrialização da construção essa foi enviada ao grupo consultivo da Meta 8 e ao Ministério da Economia, para que fosse analisada por importantes intervenientes do setor. A partir disso, foram examinadas detidamente as sugestões de adaptações e complementações da proposta de texto.

3.4 REUNIÕES E WORKSHOP DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Além das reuniões com o GTC, a equipe executiva realizou algumas reuniões com agentes da indústria da construção e com a Secretaria Nacional da Habitação (SNH) do Ministério do Desenvolvimento Regional. Em decorrência do alinhamento realizado em algumas reuniões, foi organizado pela equipe envolvida com a Meta 8, com participação do Professor Luiz Henrique Ceotto, um Workshop presencial no NORIE/UFRGS focado no debate dos conceitos atuais vinculados à industrialização da construção. Na oportunidade, foram apresentadas as principais referências dos termos e definições abordados ao longo da presente proposta de norma técnica.

Ressalta-se que tais eventos auxiliaram expressivamente na melhoria do texto da proposta de norma técnica objeto deste relatório e na formulação de alguns tópicos específicos.

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados das etapas 8.2.2 e 8.2.3 do Plano de Trabalho do Projeto Construa Brasil, referentes à proposição de texto base de norma técnica visando a industrialização da construção.

4.1 PLATAFORMAS

A partir das referências nacionais e internacionais consultadas, percebeu-se a necessidade de estabelecer uma abordagem mais ampla na busca de fomentar a industrialização da construção e de uma padronização que permita a escalabilidade de processos e produtos. Dessa forma, a proposta de norma técnica objeto deste relatório, dividida em três partes: começa com uma “norma mãe” direcionada ao conceito de plataformas que abrange, posteriormente, as demais temáticas regulamentadas.

Essa primeira parte da proposta de norma técnica define termos, constituindo assim a base para a definição de plataformas para a habitação de interesse social e incentivando a adoção da coordenação modular e a industrialização da construção. De acordo com o escopo proposto para essa normativa técnica, almeja-se que o conceito de plataforma possibilite o equilíbrio entre flexibilidade e padronização para facilitar o processo de elaboração de projetos, incentivar a criatividade dos projetistas em soluções habitacionais, e, ao mesmo tempo, possibilitar a racionalização de processos e o alcance de economias de escala.

Na Figura 4, é apresentada a estrutura da parte 1 da proposta de norma técnica, na qual é regulamentado o conteúdo relacionado ao conceito de plataformas.

Figura 4 – Estrutura da parte 1 da proposta de norma: PLATAFORMAS

Fonte: Os autores.

Esta primeira parte da norma é dividida em:

- Prefácio;
- Introdução;
- Escopo;
- Referência normativa;
- Termos e definições;
- Objetivos;
- Plataformas e a industrialização da construção civil;
- Plataformas para habitação de interesse social;
- Níveis de padronização e customização; e
- Níveis de industrialização da construção.

Os principais termos relacionados à temática, abordados ao longo da proposta, estão definidos de forma a tornar inequívoco o entendimento do conteúdo normativo. Com base na pesquisa por referências bibliográficas e textos normativos – nacionais e internacionais -, nas entrevistas com agentes do setor e nas discussões com o GTC ficou evidente que muitos desses termos ainda não estão consolidados no mercado brasileiro, sendo que poderiam ser regulamentados com uma maior profundidade na

na proposta ora descrita. O Quadro 3 traz os termos que foram definidos na parte 1 da proposta de norma técnica.

Quadro 3 – Termos e definições regulamentados na Parte 1 da proposta de norma técnica

Termos e definições - Parte 1: Plataformas	
arquitetura de produto	industrialização aberta
alternativas de produto ou produtos derivados	industrialização fechada
<i>building information modeling (BIM)</i>	interface
configurador	kits para construção (<i>kits-of-parts</i>)
componente (construtivo)	módulo
comunalidade	módulo básico (<i>basic module</i>)
construção modular	modularidade
construção industrializada	padronização
customização em massa	<i>platform design for manufacturing and assembly (PDfMA)</i>
<i>design for manufacturing and assembly (DfMA)</i>	plataforma
elemento (construtivo)	ponto de desacoplamento do pedido do cliente - PDPC (<i>customer order decoupling point - CODP</i>)
espaço de solução	produto derivado
família de produtos	sistema
habitação de interesse social (HIS)	variantes de produtos
industrialização	-

Fonte: Os autores.

Alguns dos termos inseridos na proposta de norma técnica regulamentadora da industrialização da produção são de uso corriqueiro pelo setor, no entanto, a falta de uma ferramenta institucionalizada de definição dificulta sua divulgação e correta utilização. Considerando a importância da uniformização da linguagem entre os agentes de mercado, alguns termos internacionais já consolidados são mantidos na presente proposta de norma técnica, de forma a facilitar a busca e o entendimento de soluções que vem sendo desenvolvidas no cenário internacional, e que podem ser adaptadas ao desenvolvimento do setor no Brasil.

Na sequência dos termos e definições regulamentados, houve a definição dos objetivos da norma técnica, dentre os quais, destaca-se o aumento da racionalização, produtividade, e eficiência da produção da habitação de interesse social e da promoção da industrialização da construção, principalmente a aberta, dessa forma incentivando a interoperabilidade entre componentes, elementos e sistemas. Ademais, a proposta de norma explicita a ideia de **plataformas e a industrialização da construção civil** buscando assim contextualizar as razões para a adoção do conceito de plataformas como uma ferramenta para atingir os objetivos pretendidos.

A discussão apresentada na proposta de norma técnica tem como referência primária os textos do CIH (2022) e Pullen (2022), entre outros autores mencionados, sendo enriquecida pelas contribuições de agentes do setor entrevistados. Assim, ressalta-se que o conceito de plataformas vem sendo adotado para desenvolver famílias de produtos de forma racionalizada, de forma a alcançar economias de escala por meio da padronização de partes do produto e ou processo. Numa conceituação sucinta e prática, as plataformas são a parte padronizada, reutilizável em diversas variantes de produtos ou processos, compostas por módulos padronizados e módulos variáveis, havendo regras para sua combinação.

No item de **plataformas para habitação de interesse social**, da norma técnica ora apresentada, são explanados:

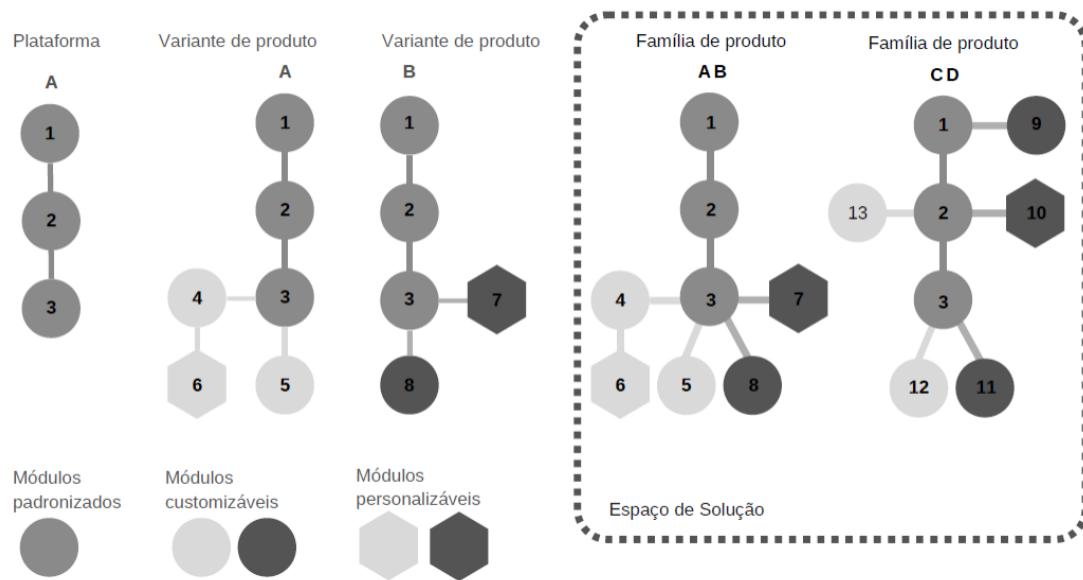
- a) princípios e regras para definição das plataformas;
- b) abordagens para a definição de plataformas; e
- c) abordagens para a definição de famílias de produtos.

De acordo com o CIH (2022), dentro da definição de plataformas observam-se três tipos de partes do produto habitacional, sendo:

- a) únicas, específicas ou personalizadas;
- b) variáveis ou customizadas; e
- c) comuns ou padronizadas.

Assim, ao combiná-las, é possível estabelecer plataformas, variantes de produtos, famílias de produtos e espaços de solução. Na Figura 5, ilustra-se a combinação das partes padronizadas e variáveis para conformar a plataforma e a configuração de variantes de produtos, além de se mostrar a relação entre um conjunto de conceitos.

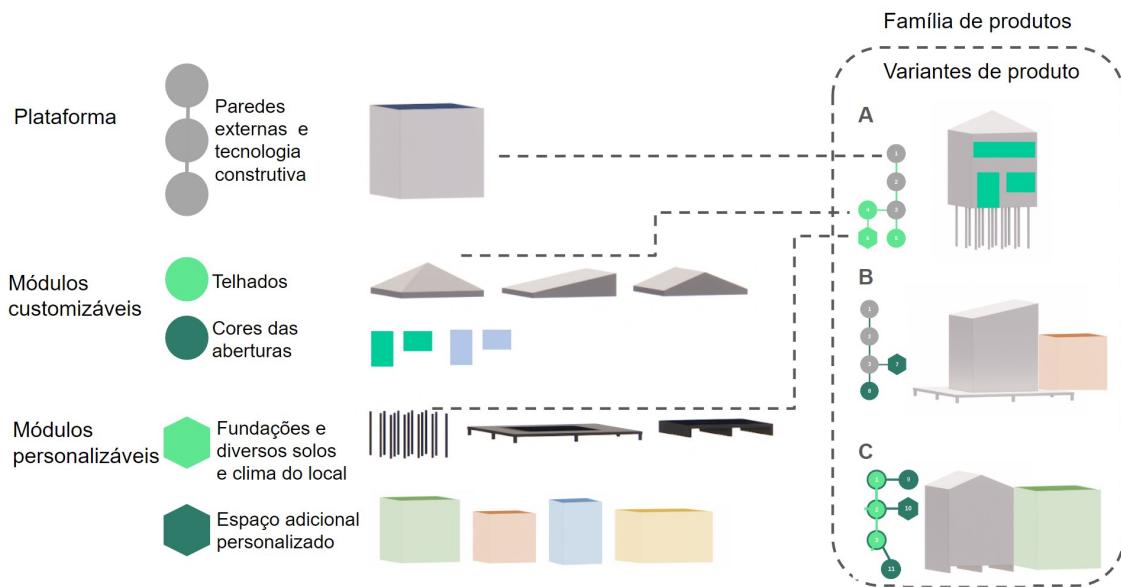
Figura 5 - Partes do produto padronizadas, customizáveis e personalizáveis e como estas compõem plataformas, variantes de produtos e famílias



Fonte: Os autores.

Para exemplificar como estes conceitos podem ser operacionalizados na construção civil, foi desenvolvida a Figura 6.

Figura 6 - Partes do produto padronizadas, customizáveis e personalizáveis em exemplo aplicado para construção civil



Fonte: Os autores.

Na Figura 6, a plataforma está exemplificada pela tecnologia construtiva escolhida e pelas paredes externas, sendo que alguns módulos variáveis podem ser configurados dentro de uma gama de modelos e cores pré-determinados, enquanto outros módulos podem ser personalizados, considerando-se especificidades da edificação como, por exemplo, local de construção, tipo de solo e zona bioclimática. Todas as combinações possíveis entre estas três partes criam as variantes de produtos que podem ser escolhidas dentre as alternativas oferecidas pela empresa, assim, é possível identificar as múltiplas soluções que partem de uma mesma plataforma.

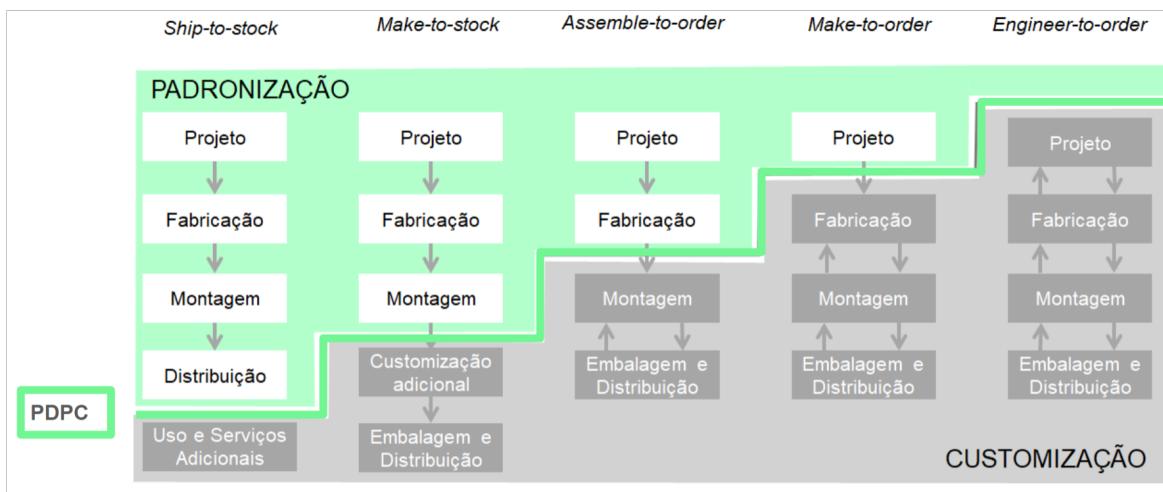
Além das partes constituintes de cada plataforma, foram definidos os princípios e as regras para a definição de plataformas que compreendem:

- padronização e repetitividade;
- configurabilidade;
- comunalidade;
- interfaces compartilhadas;
- qualidade;
- informação estruturada; e
- interoperabilidade e industrialização aberta.

Aqui, ressalta-se que a padronização das dimensões arquitetônicas de alguns ambientes e o estabelecimento de dimensões mínimas devem ser apenas o ponto de partida do projeto. A utilização de plataformas permite que muitos dos aspectos de projeto sejam configuráveis conforme especificidades, possibilitando a adoção da customização em massa na HIS.

Na proposta de norma técnica são abordados aspectos importantes como níveis de padronização, customização e industrialização da construção. Numa escala de padronização *versus* customização é explanado o ponto de desacoplamento do pedido do cliente (PDPC), que define o nível de padronização dos produtos e em qual momento do desenvolvimento ou da produção a diferenciação do produto se inicia. Assim, pode-se trabalhar com diferentes soluções, como produtos padronizados dentro de um portfólio, produtos configurados a partir de peças e módulos padrões, produtos modificados por encomenda e produtos projetados por encomenda. A Figura 7 apresenta o PDPC e o caminho da padronização ou customização de um produto.

Figura 7 - PDPC, padronização *versus* customização



Fonte: adaptado de BARLOW et al. 2003, traduzida pelos autores.

Dentro desse contexto de extremos, destaca-se que o uso mais frequente de plataformas, e com mais eficiência, situa-se na configuração intermediária, como por exemplo a montagem por encomenda. A Figura 8 exemplifica, no cenário da construção civil, como os níveis podem ser visualizados.

Figura 8 - Busca pelo equilíbrio entre padronização e customização a partir de plataformas



Fonte: Os autores.

A partir da Figura 8, consegue-se visualizar que dentro da extrema padronização, encontram-se os produtos massivamente iguais no canteiro de obras; em um cenário intermediário busca-se o equilíbrio entre padronização e flexibilidade, no qual se encontra o conceito de plataformas. Nesse cenário intermediário, produtos e processos podem e devem ser padronizados; no entanto, é necessário considerar as necessidades individuais de cada cliente e de determinadas regiões, agregando, assim, a possibilidade de customização. À direita na figura, apresenta-se o exemplo de um alto nível de customização, no qual a padronização pode estar presente no uso do conhecimento e da repetição de processos já conhecidos.

4.2 PADRONIZAÇÃO DAS DIMENSÕES ARQUITETÔNICAS

A segunda parte da proposta de norma técnica estabelece os requisitos para padronização das dimensões arquitetônicas de espaços, componentes, elementos e sistemas para HIS. Essa visa a incentivar a adoção da coordenação modular e industrialização da construção.

É ressaltado na proposta de norma técnica que a falta de padronização, assim como a padronização excessiva dos componentes, elementos e sistemas, e espaços, na construção civil, podem significar retrocessos e perdas tanto para os usuários da HIS quanto para a indústria da construção. Assim, buscou-se trabalhar no equilíbrio entre a comunalidade e intercambialidade e a necessidade de diferenciação e flexibilidade. Na Figura 9, apresenta-se a divisão da parte 2 da proposta de norma técnica, na qual se aborda o conteúdo relacionado à padronização das dimensões arquitetônicas.

Figura 9 – Estrutura da parte 2 da proposta de norma técnica: PADRONIZAÇÃO DAS DIMENSÕES ARQUITETÔNICAS



Fonte: Os autores.

A terceira parte da proposta de norma é dividida em:

- Prefácio;
- Introdução;
- Escopo;
- Referência normativa;
- Termos e definições;
- Objetivos;
- Padronização de dimensões arquitetônicas para a definição de plataformas;
- Diretrizes para a padronização das dimensões arquitetônicas;
- Programas habitacionais e dimensões arquitetônicas mínimas para HIS;
- Projeto de habitação de interesse social coordenado modularmente;

- Ferramentas de suporte ao design e tomada de decisão.

Buscando complementar a parte 1 da proposta de norma técnica descrita no item anterior deste relatório, foram adicionados termos e definições relacionados, principalmente, ao conteúdo de padronização de dimensões arquitetônicas. O Quadro 5 elenca os termos que foram definidos na parte 2 da proposta de norma técnica.

Quadro 5 – Termos e definições abordados na Parte 3 da proposta de norma

Termos e definições - Parte 3: Produção industrializada de kits para construção	
arquitetura paramétrica (<i>parametric design</i>)	medida modular
abordagens de design generativo (<i>generative design approaches or techniques</i>)	módulo básico (<i>basic module</i>)
componente modular	multimódulo (<i>multimodule</i>)
componente modular	padronização
malha modular (<i>modular grid</i>)	redundância

Fonte: Os autores.

Dentre os **termos e definições** destacados, buscou-se trabalhar de maneira mais ampla com termos atuais de projeto, como arquitetura paramétrica e design generativo, e, na sequência, apresentar o termo em inglês, uma vez que esses já estão mais consolidados no mercado internacional, facilitando-se, assim, o entendimento e diminuindo falhas de comunicação. Além disso, foram abordados e retomados alguns termos importantes para projetos coordenados modularmente, de forma a consolidar e fomentar a adoção da coordenação modular para projetos em ampla escala.

A definição dos principais termos abordados também está alinhada com os **objetivos** dessa segunda parte da proposta de norma técnica, uma vez que a padronização das dimensões arquitetônicas visa os seguintes objetivos: facilitar a pré-fabricação e promover a industrialização da construção, principalmente a aberta, incentivando a interoperabilidade entre componentes, elementos e sistemas; disseminar e incentivar o uso da coordenação modular na produção da habitação de interesse social; fomentar o uso de BIM, arquitetura paramétrica e projetos generativos na habitação de interesse

social; e aumentar a racionalização, produtividade e eficiência da produção da habitação de interesse social.

Para a adoção das plataformas na habitação de interesse social, é fundamental a reflexão e a mudança de arquiteturas de produto prioritariamente integrais para arquiteturas de produtos modulares. O uso de arquiteturas modulares em edificações requer decomposição em módulos e maximização da reutilização desses mesmos entre os produtos (JENSEN, LIDELOW E OLOFSSON, 2015).

A padronização das dimensões arquitetônicas é a base para definição das plataformas, possibilitando benefícios como a maximização da utilização dos módulos, o alcance de economias de escala ou escopo e o incentivo à industrialização aberta. Isso acontece possibilitando-se a intercambialidade entre componentes, elementos e sistemas, assim como de espaços, com módulos que poderiam ser intercambiáveis, buscando-se múltiplas soluções. A Figura 10 apresenta o balanço entre benefícios e requisitos para a padronização das dimensões arquitetônicas.

Figura 10 – Padronização e definição de plataformas



Fonte: Os autores.

Ainda com referência à Figura 10, observa-se que para alcançar os benefícios indicados, há uma série de requisitos que precisam ser considerados, como, por exemplo, a identificação de comunalidade entre produtos habitacionais; o entendimento de como alguns produtos se repetem, o que se repete e o que funciona ou não dentro de um critério de padronização. A partir disto, busca-se verificar se essas comunalidades atendem às necessidades do mercado, identificando-se nichos e necessidades específicas.

Ao se desenvolver o processo de entendimento dos requisitos, percebe-se que a padronização das interfaces como um dos maiores desafios e como um dos fatores que mais contribui para uma solução que atenda às necessidades de mercado, proporcionando as características necessárias para que as habitações de interesse social sejam funcionais e sejam construídas com economia de escala.

As **diretrizes e requisitos para padronização das dimensões arquitetônicas** incluem:

- compreender o objetivo e demanda por padronização das medidas;
- analisar diversas fontes de dimensões;
- estabelecer faixas de medidas (mínimas e máximas), considerando o diálogo com a coordenação modular; e
- criar ferramentas de suporte ao design e à tomada de decisão para o projetista e empresas da indústria da construção.

Além das diretrizes básicas para a padronização das dimensões arquitetônicas, buscou-se explorar, também, critérios de projeto relacionados a **programas habitacionais e dimensões arquitetônicas mínimas para HIS**. Neste contexto, incluiu-se na proposta de norma técnica questões como:

- dimensões mínimas da unidade habitacional;
- ambientes internos;
- ambientes externos;
- alturas das unidades habitacionais;
- acessibilidade;
- ampliação e flexibilidade; e
- outros requisitos para unidades habitacionais.

Devido ao vasto número de medidas a serem consideradas e conciliadas no projeto arquitetônico, é necessário estabelecer uma faixa de medidas, entre as mínimas e as máximas admitidas para cada parâmetro, para facilitar o processo de projeto. No caso das HIS, ressalta-se que a padronização das dimensões arquitetônicas não isenta ou substitui a necessidade de considerar as diversas dimensões de desempenho associadas à habitação. A proposta de norma técnica propõe a padronização de dimensões arquitetônicas para facilitar o processo de projeto, porém, sem restringir soluções arquitetônicas. Neste contexto, sugere-se que as dimensões regulamentadas estejam sempre de acordo com a norma técnica de coordenação modular, promovendo uma industrialização mais aberta entre componentes, elementos e sistemas.

O Quadro 6, abaixo, reúne alguns dados que exemplificam o quadro completo presente na proposta de norma técnica. O desenvolvimento deste quadro caracterizou-se como uma ferramenta de estudo e entendimento das dimensões mínimas sugeridas pela literatura, normativa brasileira e códigos de obras de alguns municípios brasileiros. Ao longo do desdobramento do texto normativo apresentado neste relatório entendeu-se que a versão completa deste modelo de quadro pode servir como base para o desenvolvimento de novos projetos habitacionais.

Além disso, o quadro ilustra o quanto complexa seria a padronização de dimensões em um contexto que não considera as necessidades de mercado e as particularidades de cada região, uma vez que valores variados são definidos a partir de dimensões de mobiliário mínimo e não considerando as dimensões dos ambientes efetivamente.

Quadro 6 – Exemplo de áreas mínimas sugeridas na literatura, em normativa brasileira e códigos de obra

Fonte	1 dormit. até 2 pessoas	2 dormit. até 4 pessoas	3 dormit. até 6 pessoas	Área mín dormit.	Área mín sala	Área mín cozinha	Área mín banheiros	Área mín área serviço
IPT	35,00	43,00	51,00	9,00 ; 8,00	12,00	10,00	2,50	1,50
Neufert	29,94	47,94	65,94	10,00; 18,00	10,97	6,45	2,52	-
Reis e Lay	35,00	43,00	50,00	9,50; 8,00; 7,00	10,00	8,00	2,50	5,00
P.Casa Verde e Amarela	-	36,00 * 39,00 **	-	***	***	***	***	***
NBR 15575				***	***	***	***	***
Código de obras POA	20,00 (JK) 25,00 (1dorm)	32,00	39,00	7,00	-	-	-	-

* casa térrea com área de serviço externa

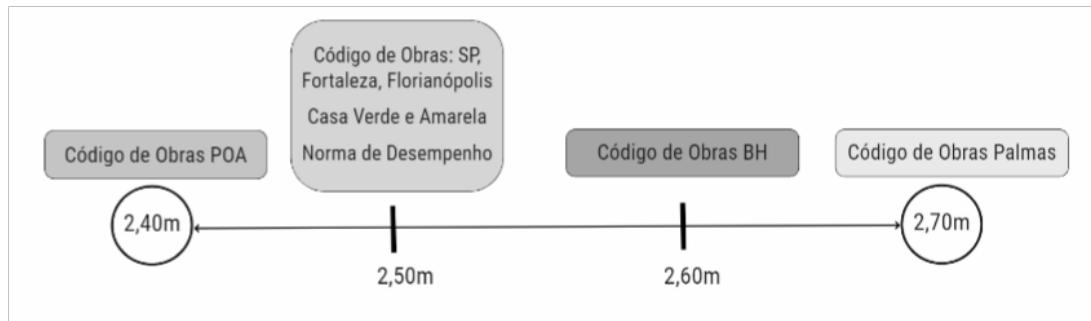
** casas sobrepostas ou apartamento

*** de acordo com dimensões mínimas de mobiliário e circulação

Fonte: Os autores.

Outro exemplo regulamentado ao longo da proposta de norma técnica refere-se à altura do pé-direito, indicado nas diferentes normas e códigos de obras brasileiros analisados. A Figura 11 informa as diferentes medidas observadas.

Figura 11 – Alturas de pé-direito de diferentes fontes



Fonte: Os autores.

Como referência, na NBR 15575 (ABNT, 2021) o pé-direito é de 2,50m e mínimo de 2,30m para corredores, vestíbulos, depósitos e instalações sanitárias. Percebe-se, novamente, diferenças entre códigos de obras, normas técnicas e normas complementares analisadas, e, nesse contexto, é importante a definição de regras sobre como essas dimensões funcionam no cenário em que são projetadas e em conjunto com os componentes, elementos e sistemas. Para solução dessa problemática, indica-se o uso de medidas coordenadas modularmente no projeto de habitação de interesse social, com a finalidade de aumentar a racionalização, a produtividade na construção civil e uma industrialização mais aberta.

Na proposta de norma para padronização de dimensões arquitetônicas são retomadas as diretrizes de projetos de habitação de interesse social coordenados modularmente, presentes na proposta de revisão da norma de coordenação modular NBR 15873 (objeto de relatório próprio, acerca da submeta 8.2.1). As diretrizes indicadas são:

- estabelecer a lógica de projeto, a definição dos sistemas e a revisão da normativa;
- definir a malha modular;
- definir o posicionamento dos produtos construtivos em relação à malha modular;
- desenvolver o projeto de paginação; e
- gerenciar ou revisar interfaces do sistema e entre sistemas.

No âmbito da citada proposta de norma técnica, são apresentadas ferramentas para facilitar o processo de padronização e tomada de decisão, podendo-se também facilitar o uso da coordenação modular. Dentre as ferramentas propostas está a utilização de parâmetros e regras para o design paramétrico, segundo o qual, por exemplo, a partir de um projeto 2D ou modelo 3D, considera-se a discretização decimétrica ou da série numérica 2M ou 3M para a padronização da unidade habitacional de acordo com os critérios de coordenação modular.

Além disso, é regulamentado o uso de configuradores baseados em softwares BIM como ferramenta de suporte à tomada de decisão dos arquitetos, engenheiros e clientes, e, ao mesmo tempo, para reduzir o tempo de projeto e teste de inúmeras configurações possíveis entre múltiplas soluções de combinação e montagem. A padronização das dimensões arquitetônicas pode contribuir para a definição de regras e restrições para o desenvolvimento de objetos paramétricos, assim como na definição de famílias de objetos BIM e bibliotecas.

É importante ressaltar que o BIM é considerado a base da transformação digital no setor de arquitetura, engenharia e construção. Disseminar nacionalmente o BIM é missão da Estratégia BIM BR, instituída por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 (GOV BR, 2022). Dentro do projeto do governo federal - Construa Brasil - com 9 metas, percebe-se que 4 (quatro) delas estão diretamente relacionadas ao BIM, e as demais, igualmente, são fortemente direcionadas para o aumento da produtividade por meio da digitalização no país.

Dessa mesma forma, a Meta 9 do Projeto Construa Brasil incentiva os benefícios da digitalização mediante implantação e disseminação da industrialização da construção. Nesse contexto, a utilização do BIM aprimora práticas do setor da construção e traz benefícios, como a redução de erros de compatibilidade, otimização dos prazos, processos mais precisos de planejamento e controle, aumento de produtividade, diminuição de custos e economia dos recursos utilizados nas obras.

4.3 PRODUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE KITS PARA CONSTRUÇÃO

Na parte três da proposta de norma técnica são estabelecidos os requisitos para produção industrializada de kits para construção, visando incentivar a industrialização da construção no contexto da habitação de interesse social. O

desenvolvimento do kit para construção envolve a organização de uma série de produtos individuais que se complementam em um formato de conjuntos de componentes padronizados para edifícios, dimensionados de maneira a facilitar o manuseio e a instalação, considerando, também, aspectos de logística de transporte e armazenamento.

Na Figura 12 é apresentada a divisão da parte 3 da proposta de norma técnica, que regulamenta o conteúdo relacionado à produção industrializada de kits para construção.

Figura 12 – Estrutura da parte 2 da proposta de norma: PRODUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE KITS PARA CONSTRUÇÃO



Fonte: Os autores.

A terceira parte da proposta de norma técnica é dividida em:

- Prefácio;
- Introdução;
- Escopo;

- Referência normativa;
- Termos e definições;
- Objetivos;
- Definição de kit para construção de habitação de interesse social;
- Requisitos de kits para construção de HIS;
- Classificação de kits para construção;
- Diretrizes para desenvolvimento de kits para construção e suas interfaces; e
- Uso de configuradores baseados em BIM para o projeto utilizando kits para construção.

Buscando complementar a parte 1 da presente proposta de norma técnica, foram adicionados termos e definições relacionados, principalmente, ao conteúdo de kits para construção. O Quadro 7 elenca os termos que foram regulamentados na parte 3 da proposta de norma técnica.

Quadro 7 – Termos e definições regulamentados na Parte 3 da proposta de norma técnica

Termos e definições - Parte 3: Produção industrializada de kits para construção

chassi	POD
edificação híbrida ou sistema construtivo híbrido	pré-fabricado
modelagem digital	pré-moldado
módulo volumétrico ou 3D	produção industrializada
painelizado ou 2D	sistema construtivo industrializado

Fonte: Os autores.

O conceito de kits para construção, estabelecido na proposta de norma técnica, decorre do conceito de *kit-of-parts* da indústria de bens de consumo. A definição destes kits foi encontrada na literatura atual proposta por Cao et al. (2021), pelo CIH (2021) e por Pullen (2022), indicando a atualidade do uso destes termos pela indústria da construção.

Ressalta-se que os kits, como conjunto de produtos que compõem ou conformam sistemas, possuem alguns pré-requisitos que os diferenciam do conceito de produto

pré-fabricado apenas. Dentre os **requisitos básicos para kits**, destaca-se o fato de poderem ser montados e desmontados repetidamente de acordo com a necessidade. Além disso, fatores como reutilização, flexibilidade, integração, informação estruturada, conexões padronizadas, regras claras de montagem e baixa geração de resíduos são requisitos importantes na conformação de um kit. Esses requisitos também estão atrelados aos princípios e às regras para a definição de plataformas, uma vez que ao tangibilizar o conceito de plataformas, os kits são utilizados em diversos produtos por sua comunalidade de características, funcionalidades ou linha de produção.

Já, dentro da classificação encontram-se os kits:

- a) baseados em juntas, onde se sobressaem os conectores;
- b) baseados em linearidade, onde se sobressaem peças lineares como vigas; c)
- baseados em painéis, com peças mais volumosas; e
- d) baseados em módulos, onde blocos inteiros são transportados para o local da obra.

A **classificação dos kits de construção** é considerada segundo conceitos com níveis de escalabilidade, podendo conformar produtos ou famílias de produtos, como:

- a) Kits para construção: conjunto de componentes e elementos desenvolvidos, projetados e pré-fabricados para serem facilmente montados na obra (PULLEN, 2022);
- b) Juntas lineares: pré-fabricação de elementos lineares e ou de conexão, que facilitem a montagem e desmontagem dos elementos no canteiro de obras;
- c) Painéis, 2D: pré-fabricação de elementos maiores a serem empilhados para transporte e montagem no canteiro de obras (PULLEN, 2022);
- d) Chassi: elemento estrutural tridimensional, que possibilita a conexão de módulos (CEOTTO, 2021);
- e) Pods: bloco volumétrico autoportante, industrializado, com função específica na edificação. São unidades espaciais industrializadas transportadas para o canteiro de obras a serem conectadas em outros elementos construtivos (CEOTTO, 2021 & GOH e LOOSEMORE, 2017);

- f) Modular volumétrico, 3D: pré-fabricação completa de unidades volumétricas a serem levadas ao canteiro e içadas para sua locação em obra (PULLEN, 2022).

As **diretrizes para desenvolvimento de kits para construção** partiram de uma lógica adotada pelo CIH (2022), e, quando adaptadas para o cenário da industrialização no Brasil, incluem:

- a) verificação de normativas vigentes;
- b) aplicação da coordenação modular;
- c) mapeamento de interfaces;
- d) processo de design dos kits;
- e) criação de fluxogramas de processos de montagem em canteiro e fora do canteiro;
- f) definição dos graus de liberdade do kits de construção;
- g) modelagem em BIM dos produtos;
- h) avaliação do desempenho e de custos; e
- i) definição da especificação do kit.

A verificação de normativas vigentes e aplicação de coordenação modular atentam ao fato de que cada componente, elemento e sistema normalmente é objeto de normativas próprias que determinam, em grande medida, como projetar e pensar determinadas soluções. O uso da coordenação modular, por exemplo, é considerado um dos pilares para se industrializar a construção.

É importante observar a sinergia existente entre a produção industrializada de kits e a aplicação dos princípios da coordenação modular, fato que incentiva a comunalidade e a intercambiabilidade, facilitando, assim, a adoção de soluções para interfaces.

As informações que forem geradas no desenvolvimento do kit devem ser registradas em um documento de especificação, que incluirá:

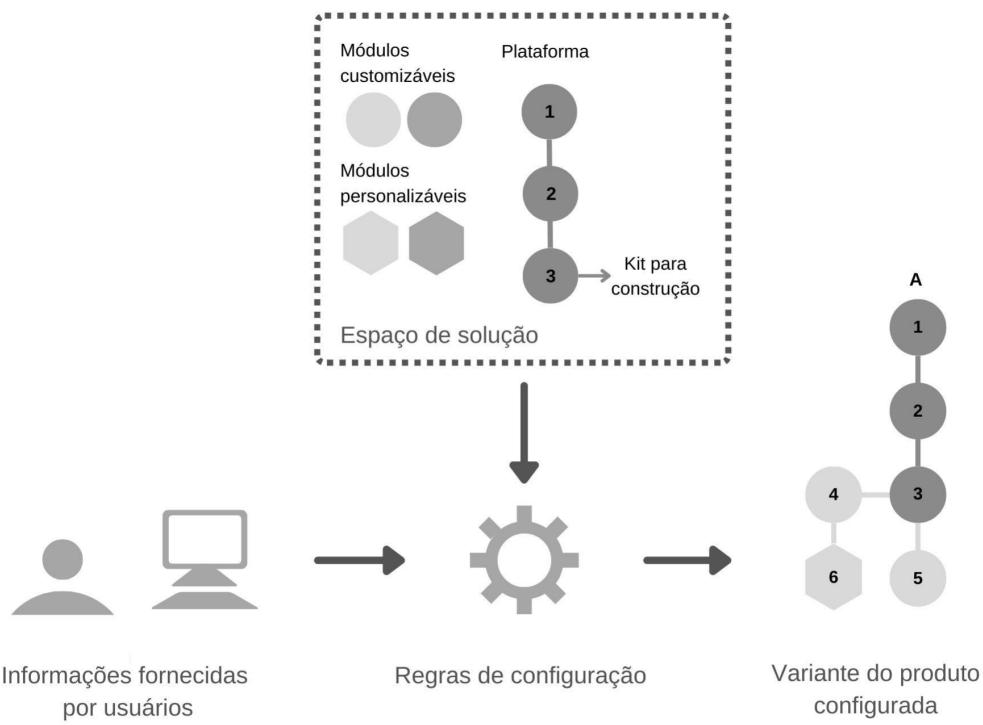
- a) fluxogramas e instruções de produção;
- b) fluxogramas de montagem;
- c) especificação de interfaces;
- d) desenhos e esquemas;

- e) lista de materiais;
- f) indicação de níveis de desempenho;
- g) requisitos de manutenibilidade de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021); e
- h) etiquetagem para produtos construtivos coordenados modularmente de acordo com a proposta de revisão da norma NBR 15873 (ABNT, 2010).

O uso de ferramentas como o registro de informações de processos e produtos, bem como a etiquetagem proposta pela revisão da norma técnica de coordenação modular (produto relacionado à submeta 8.2.1), constituem incentivo à industrialização aberta, além de possibilitar ganhos de escala, uma vez que um produto pode ser combinado com uma série diferente de soluções em múltiplos sistemas.

Nesse contexto, a customização em massa é uma estratégia de negócios que se reflete no modo de fabricação, permitindo flexibilidade de projeto em um ambiente de produção em massa (VEENSTRA, HALMAN e VOORDIJK, 2006). Uma ferramenta para apoiar a customização em massa na construção industrializada é o **desenvolvimento e uso de configuradores de produtos**. Cao et al. (2021), trazem a definição de configuradores como um sistema de apoio à decisão para combinar os *kits-of-parts* em módulos eficientes para produção sob regras pré-definidas, permitindo a geração rápida de configurações de produtos para atender às necessidades e aos requisitos dos usuários finais.

Esta definição foi esquematizada por meio da Figura 12, apresentada na proposta de norma técnica como uma ferramenta de vincular cada uma das partes descritas anteriormente por meio de uma solução digital que ainda pode ser muito explorada como ferramenta para a industrialização da construção.

Figura 12 – Configuradores

Fonte: Os autores.

A industrialização da construção requer considerações e integrações entre fabricação e montagem, pensadas ainda durante a etapa de concepção e planejamento do projeto. Atualmente, a maioria dos projetos executados por meio da modelagem digital em ferramentas BIM não se beneficiam da possibilidade de se lidar com kits bem estabelecidos, refinados por projetos anteriores. Assim, nesse novo cenário proposto, o BIM passaria a apoiar o processo colaborativo entre diferentes partes interessadas, incluindo planejadores, arquitetos, engenheiros e empreiteiros.

4.4 CONTRIBUIÇÕES DO GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO (GTC)

Durante o período do desenvolvimento desta proposta de norma técnica regulamentadora da industrialização da construção foram realizados encontros para a apresentação dos resultados parciais referentes às etapas de execução do Plano de Trabalho do Projeto Construa Brasil. Nesses encontros, os pontos citados neste relatório foram objeto de discussões das quais resultaram contribuições importantes em relação a linha de abordagem adequada para que o texto de norma técnica se torne uma ferramenta para a industrialização da construção no Brasil. Dentre os tópicos debatidos nesses encontros constam:

- 1) o escopo da proposta deve focar o embasamento e esclarecimento conceitual;
- 2) o aprofundamento do entendimento dos conceitos relacionados, como plataformas, kits, industrialização, construção modular, e disseminá-los na indústria da construção;
- 3) o desenvolvimento de uma proposta focada em inovação;
- 4) a definição dos primeiros passos para que a indústria da construção avance no sentido da industrialização;
- 5) o desenvolvimento não apenas da norma para instruir, mas também pensar em quais outros documentos poderiam ser elaborados para incentivar a sua adoção a longo prazo, como guias, práticas recomendadas entre outros;
- 6) a importância da proposta de norma incorporar diferentes níveis de industrialização devido ao que encontramos no mercado brasileiro da construção civil atualmente. Isso permitirá a inclusão tanto de pequenas quanto grandes empresas, uma vez que a industrialização é um caminho necessário;
- 7) a sugestão de que a proposta final da norma tenha uma parte do escopo mais detalhado, como, por exemplo, o desenvolvimento de um chassi para habitação de interesse social;
- 8) a importância do desenvolvimento de soluções para a construção hierarquizar as decisões a serem tomadas pelas empresas, para que elas possam entender o que é industrialização, podendo, assim, dar os primeiros passos; e
- 9) a sugestão de possíveis agentes da indústria da construção a serem consultados.

Após as reuniões, os escopos e os textos base para novas normas foram disponibilizados ao grupo técnico consultivo e ao Ministério da Economia, para

análise e revisão do seu conteúdo. Os principais apontamentos realizados compreenderam: revisões da língua portuguesa, esclarecimento de alguns trechos do texto em relação à linguagem e sequenciamento de ideias e a tradução de alguns termos provenientes da literatura para facilitar seu entendimento e adoção pelas empresas. A proposta revisada das novas normas técnicas considerou tais sugestões, e ainda, foi revisitada pela equipe executiva.

4.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros foram desenvolvidas no decorrer da elaboração da proposta de texto para a norma técnica de plataformas para habitação de interesse social, suas partes de padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits para construção. As sugestões apresentadas neste item do relatório são provenientes de discussões entre membros do grupo técnico consultivo, desenvolvimento do workshop, troca de informações e palestras ao longo do desenvolvimento do projeto e revisão bibliográfica.

Tais sugestões não estão englobadas no trabalho desenvolvido dentro do escopo e do tempo de projeto abrangidos pela Meta 8, porém a equipe entende que, se futuramente o estudo puder ser ampliado, o desenvolvimento destes temas tende a disseminar a adoção de plataformas e incentivar a industrialização da construção no Brasil. As sugestões para trabalhos futuros são:

- a) estudo de demanda: identificar a demanda por padronização das dimensões arquitetônicas, por exemplo, a baseada em frequências de usos dos ambientes, dimensões e componentes, elementos e sistemas, ou em métricas de comunalidade entre produtos existentes;
- b) correlação com a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021): o vínculo entre a padronização das dimensões arquitetônicas e o desempenho de uma edificação não é apenas dimensional. Aspectos relacionados a fatores de iluminação, ventilação, desempenho térmico e acústico, por exemplo, podem ser estudados em termos de requisitos para o desempenho de componentes, elementos e sistemas;
- c) ergonomia e acessibilidade: aspectos relacionados a estes fatores de forma a poderem sempre ser considerados na adaptação de projetos de HIS, dentro dos conceitos abordados;

- d) política de incentivo ao uso dos conceitos de plataformas: equivalente às políticas vinculadas a adoção do BIM programada e fomentada a longo prazo em todo o setor da construção;
- e) criação de grupo direutivo para ampliação da discussão com agentes interessados na padronização das dimensões arquitetônicas e kits para construção;
- f) desenvolvimento de práticas recomendadas de forma a orientar e facilitar a adoção de plataformas e produção industrializada de kits para construção;
- g) identificação e fomento de oportunidades futuras para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso dos conceitos de plataformas, produção industrializada de kits para construção e o avanço da industrialização na construção;
- h) mapeamento do estado da arte da construção industrializada, buscando ferramentas e desenvolvendo pesquisas para responder: o que é construção industrializada, o que já foi feito, conjuntura atual de mercado, barreiras, e principais intervenientes (*stakeholders*);
- i) identificação e compreensão dos níveis de industrialização da construção no Brasil e possibilidade de adoção e incentivo à sistemas híbridos; e
- j) refinamento e desenvolvimento de indicadores e métricas para avaliar o nível e benefícios do uso de plataformas e industrialização na construção.

5 CONCLUSÕES

A partir do estudo conduzido pela equipe técnica da Meta 8 – submetas 8.2.2 e 8.2.3 –, apoiada pelo GTC destacam-se alguns pontos.

De maneira geral, a legislação em vigor no Brasil carece de alinhamento e de definição de conceitos voltados à industrialização do setor da construção civil. A proposta de norma técnica apresentada é uma ferramenta na aplicação do uso de plataformas, da padronização das dimensões arquitetônicas e na produção de kits para construção, sempre buscando atingir economia de escala que traga soluções para os problemas setoriais.

As normas técnicas propostas buscam, por meio da abordagem de conceitos atuais vinculados a casos de sucesso internacionais, como o *Construction Innovation Hub* (CIH), no Reino Unido, e a bibliografia de referência na área, traduzir para linguagem prática a aplicabilidade dessas ferramentas de industrialização de processos, produtos e projetos para a construção brasileira. Nesse sentido, as normas técnicas são um passo inicial para fomentar a industrialização, podendo ainda ser objeto de investigações adicionais e complementação. Assim, seria válido considerar estudos futuros mais específicos, voltados ao entendimento do nível de industrialização do setor, da demanda por padronização das dimensões arquitetônicas, e de correlações mais condizentes com os requisitos da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021).

De maneira mais abrangente, o resultado das metas do eixo de industrialização do Projeto Construa Brasil é um conjunto de propostas de ação para condução pelo próprio setor, não obstante ainda ser necessário algum grau de apoio governamental. Assim, há no cenário atual grande interesse do mercado pelo tema, com muitas ações (de entidades e empresas) e com propostas alinhadas nos seus objetivos gerais. Dessa forma, evidencia-se a necessidade da conjugação de esforços e sinergia para o sucesso na condução da agenda, considerando um forte diálogo intrassetorial, além de uma ordenação do diálogo entre os setores público e privado.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 - Edificações habitacionais: Desempenho. Partes 1 - 6, Brasil, 2021.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15873 - Coordenação modular para edificações, Brasil, 2010.

CAO, J.; BUCHER, D. F.; HALL, D. M.; LESSING, J. 2021. Cross-phase product configurator for modular buildings using kit-of-parts. Automation in Construction, V. 123, 2021, 103437, ISSN 0926-5805.

CEOTTO, L. H. Plataformas e *Kits of Parts*. 2022. in Workshop de Industrialização na Construção. Porto Alegre, NORIE/UFRGS.

CIH., 2021. Platform Design Programme: Defining the Need. Construction Innovation Hub. UK Research and Innovation. Jan. 2021.

CIH., 2022. The product platform rulebook. Construction Innovation Hub. UK Research and Innovation. May. 2022.

GOH, E. e LOOSEMORE, M., 2017. The impacts of industrialization on construction subcontractors: a resource based view. Construction Management and Economics, Taylor & Francis Journals, vol. 35(5), p. 288-304.

GOVBR - Governo Federal, Ministério da Economia. Meta Difundir o BIM e seus Benefícios, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/metas/difundir-o-bim-e-seus-beneficios>>. Acesso em: 09 jun 2022.

JENSEN, P.; LIDELÖW, H.; OLOFSSON, T. 2015. Product configuration in construction. Int. J. Mass Cust. 2015, 5, 73–92.

PULLEN, T. 2022. Scaling Up Off-Site Construction in Southern California. A terner center report for housing innovation. UC BERKELEY - Feb. 2022.

VEENSTRA, S.; HALMAN, J. I. M.; VOORDIJK, J. T. 2006. A methodology for developing product platforms in the specific setting of the housebuilding industry. Research in Engineering Design, 2006. 17(3), pp. 157-173.

**APÊNDICE A – MINUTA DE PROPOSTA DE TEXTO
BASE PARA NORMA ABNT**

**Plataformas para habitação de interesse social:
padronização das dimensões arquitetônicas e
produção industrializada de kits de construção**

META 8

Etapa 8.2.2 - Padronização das dimensões arquitetônicas de HIS

Etapa 8.2.3 - Produção de kits de construção de HIS

PROPOSTA

Para nova NBR (ABNT)

Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits para construção

Platforms for social housing: standardization of architectural dimensions and industrialized production of kits of parts for social housing

Sergio Scheer

Daniela Dietz Viana

Dóris Zechmeister Bragança Weinmann

Alexandra Staudt Follmann Baldauf

Aline Zini

Cynthia dos Santos Hentschke

Amanda Rosa Machado

Gabriel Benvenutti Schaab

Julia Maria Ferreira Carlos

Pedro Constantinou Ruwer

Poliana Antunes

Sarah Machado Paiva Barreto

Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção

Parte 1: Plataformas

Prefácio	5
Introdução	6
1 Escopo	7
2 Referência normativa	7
3 Termos e definições	7
3.1 arquitetura de produto	7
3.2 alternativas de produto ou produtos derivados	7
3.3 building information modeling (BIM)	7
3.4 configurador	7
3.5 componente (construtivo)	8
3.6 comunalidade	8
3.7 construção modular	8
3.8 construção industrializada	8
3.9 customização em massa	8
3.10 <i>design for manufacturing and assembly</i> (DfMA)	8
3.11 elemento (construtivo)	8
3.12 espaço de solução	8
3.13 família de produtos	9
3.14 habitação de interesse social (HIS)	9
3.15 industrialização	9
3.16 industrialização aberta	9
3.17 industrialização fechada	9
3.18 interface	9
3.19 kits para construção (<i>kits-of-parts</i>)	9
3.20 módulo	9
3.21 módulo básico (<i>basic module</i>)	9

Versão revisada de proposta de norma - versão 30/10/2022

1

3.22 modularidade	10
3.23 padronização	10
3.24 <i>platform design for manufacturing and assembly</i> (PDfMA)	10
3.25 plataforma	10
3.26 ponto de desacoplamento do pedido do cliente - PDPC (<i>customer order decoupling point - CODP</i>)	10
3.27 produto derivado	10
3.28 sistema	10
3.29 variantes de produtos	10
4 Objetivos	11
5 Plataformas e a industrialização da construção civil	11
6 Plataformas para habitação de interesse social	12
6.1 Princípios e regras para definição das plataformas	13
6.2 Abordagens para a definição de plataformas	15
6.3 Abordagens para a definição de famílias de produtos	15
7 Níveis de padronização e customização	16
8 Níveis de industrialização da construção	18

Parte 2: Padronização das dimensões arquitetônicas

Prefácio	20
Introdução	21
1 Escopo	22
2 Referência normativa	22
3 Termos e definições	22
3.1 arquitetura paramétrica (<i>parametric design</i>)	22
3.2 abordagens de <i>design generativo</i> (<i>generative design approaches or techniques</i>)	22
3.3 componente modular	22
3.4 malha modular (<i>modular grid</i>)	22
3.5 medida modular	23
3.6 módulo básico (<i>basic module</i>)	23
3.7 multimódulo (<i>multimodule</i>)	23

Versão revisada de proposta de norma - versão 30/10/2022

2

3.8 padronização	23
3.9 redundância	23
4 Objetivos	23
5 Padronização de dimensões arquitetônicas para a definição de plataformas	24
6 Diretrizes para a padronização das dimensões arquitetônicas	24
6.1 Compreender o objetivo e demanda por padronização das medidas	25
6.2 Analisar diversas fontes de dimensões	25
6.3 Estabelecer faixas de medidas (mínimas e máximas), considerando o diálogo com a coordenação modular	25
6.4 Criar ferramentas de suporte ao <i>design</i> e à tomada de decisão para o projetista e empresas da indústria da construção	26
7 Programas habitacionais e dimensões arquitetônicas mínimas para HIS	26
7.1 Dimensões mínimas da unidade habitacional	27
7.2 Ambientes internos	28
7.3 Ambientes externos	29
7.4 Alturas das unidades habitacionais	29
7.5 Acessibilidade	30
7.6 Ampliação e flexibilidade	30
7.7 Outros requisitos para unidades habitacionais	30
8 Projeto de habitação de interesse social coordenado modularmente	30
9 Ferramentas de suporte ao <i>design</i> e tomada de decisão	31

Parte 3: Produção industrializada de kits para construção

Prefácio	32
Introdução	33
1 Escopo	33
2 Referência normativa	33
3 Termos e definições	33
3.1 chassi	34
3.2 edificação híbrida ou sistema construtivo híbrido	34
3.3 modelagem digital	34

3.4 módulo volumétrico ou 3D	34
3.5 painelizado ou 2D	34
3.6 POD	34
3.7 pré-fabricado	34
3.8 pré-moldado	34
3.9 produção industrializada	34
3.10 sistema construtivo industrializado	34
4 Objetivos	35
5 Definição de <i>kit-of-parts</i> para construção de habitação de interesse social	35
6 Requisitos de kits para construção de HIS	36
7 Classificação de kits de construção	36
8 Diretrizes para desenvolvimento de kits para construção e suas interfaces	38
8.1 Verificação de normativas vigentes	39
8.2 Aplicação da coordenação modular	39
8.3 Mapeamento de interfaces	39
8.4 Processo de <i>design</i> do kit para construção	39
8.5 Criação de fluxogramas de processos de montagem em canteiro e fora do canteiro	39
8.6 Definição dos graus de liberdade do <i>kit-of-parts</i>	39
8.7 Modelagem em BIM dos produtos	39
8.8 Avaliação de desempenho e de custo (avaliar necessidade de melhorias)	39
8.9 Definição da especificação do kit	40
9 Uso de configuradores baseados em BIM para o projeto utilizando kits para construção	40

Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção

Parte 1: Plataformas

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização por excelência. As normas brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos comitês brasileiros (ABNT/CB), dos organismos de normalização setorial (ABNT/ONS) e das comissões de estudo especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por comissões de estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os documentos técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção à possibilidade de que alguns dos elementos deste documento possam ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR xxxxx foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de xx (CE-02:xxx.xx). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº xx, de xx.xx.xxxx a xx.xx.xxxx, com o número de Projeto xx:xxx.xx-xxx.

O Escopo desta proposta de norma brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard defines the terms, and proposes a basis for the definition of platforms for social housing, encouraging the adoption of modular coordination and the industrialization of construction. Part 1 focuses on the proposition of platforms, and seeks to explain and conceptualize terms and definitions relevant to this context in construction. Such topics have been widely discussed in the sector, but not always expressed through clear concepts. The proposed platforms should be designed based on a balance between flexibility and standardization, in order to facilitate the design process, encouraging the use of designers' creativity in housing solutions, and at the same time, enabling rationalization and the achievement of economies of scale. For this purpose, the standard proposal discusses principles and approaches for the development of platforms, approaches for the design of product families, levels of standardization and customization, and levels of industrialization.

This Standard must be observed in the elaboration and revision of specific standards for components, elements and construction systems.

Introdução

Esta Norma estabelece os requisitos para a definição de plataformas para habitação de interesse social (HIS). Seu principal foco é estabelecer um conjunto de definições de um novo contexto na construção civil que visa incentivar a adoção da coordenação modular e industrialização da HIS. Tais conceitos ainda estão sendo construídos e consolidados tanto na literatura quanto na indústria. Portanto, a presente proposta de norma representa um esforço para esclarecê-los e estabelecer conexões básicas entre tais conceitos e requisitos básicos, com o objetivo de facilitar sua adoção na indústria da construção.

A utilização de plataformas na construção para incentivar a industrialização e reduzir o déficit habitacional vem sendo adotada em diversos países ao longo dos últimos anos. Além disso, iniciativas baseadas em plataformas têm sido vistas como alternativas para solucionar problemas sistêmicos na construção civil, como a fragmentação dos processos e da cadeia de suprimentos, a falta de previsibilidade e a baixa produtividade.

As plataformas podem estar associadas às diferentes partes do produto e do processo da construção civil, e aos diferentes níveis de industrialização e pré-fabricação. A definição de plataformas está relacionada à repetição e padronização de partes do produto e do processo. A falta de padronização, assim como a padronização excessiva dos componentes, elementos e sistemas, e dos espaços na construção civil, pode significar retrocessos e perdas tanto para os usuários da HIS quanto para a indústria da construção. Portanto, a proposição de plataformas deve ser baseada em um equilíbrio delicado entre a comunalidade e a intercambiabilidade, e a necessidade de diferenciação e flexibilidade.

Ressalta-se que a presente Norma pode ser objeto de citação em regulamentos técnicos, códigos de edificações, certificações, financiamentos, licitações, pregões, normas técnicas de componentes, elementos e sistemas, assim como em demais documentos e atividades que façam referências a produtos e projetos de edificações.

1 Escopo

Esta Norma define os termos e propõe uma base para a definição de plataformas para a habitação de interesse social, incentivando a adoção da coordenação modular e a industrialização da construção. A parte 1 foca na proposição de plataformas e busca explicitar e conceituar termos e definições relevantes para este contexto na construção civil. Tais temas têm sido bastante discutidos no setor, porém nem sempre expressos por meio de conceitos claros. As plataformas devem ser esboçadas com base em um equilíbrio entre flexibilidade e padronização, no intuito de facilitar o processo de projeto, incentivando o uso da criatividade dos projetistas em soluções habitacionais e, ao mesmo tempo, possibilitar a racionalização e o alcance de economias de escala. Para isso, a proposta de norma discute princípios e abordagens para o desenvolvimento de plataformas, abordagens para definição de famílias de produtos habitacionais, os níveis de padronização e customização e de industrialização.

Esta Norma deve ser observada na elaboração e revisão de normas específicas de componentes, elementos e sistemas construtivos.

2 Referência normativa

ABNT NBR 15873:2010 - Coordenação modular para edificações

NBR ISO 19650-1:2020 - Organização e digitalização da informação acerca de edificações e construção civil, incluindo a modelagem da informação da construção - Gestão de informação utilizando a modelagem de informação de construção (BIM) - Parte 1: Conceitos e fundamentos

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 arquitetura de produto

arranjo e mapeamento de elementos funcionais aos componentes, elementos e sistemas físicos e sua interface com outras partes físicas. Esta pode ser modular ou integral, em níveis variados

3.2 alternativas de produto ou produtos derivados

refere-se à gama de produtos, resultantes da combinação de uma família de produtos, os quais podem ser oferecidos a diversos segmentos de mercado

3.3 building information modeling (BIM)

ou modelagem da informação da construção; uso de uma representação digital compartilhada de um ativo imobiliário para facilitar os processos de projeto, construção, operação e manutenção de uma base de dados confiável (NBR ISO 19650-1:2020)

3.4 configurador

refere-se às ferramentas que guiam a escolha dos clientes na configuração de produtos adequados às suas necessidades, com base em um espaço de solução oferecido pela empresa. Dentro deste espaço de solução há uma variedade de elementos padronizados, os quais podem ser objeto de escolha do cliente de acordo com algumas regras para sua combinação em uma variante de produto. O uso de configuradores facilita o processo de especificação do produto para a sua produção por meio da restrição entre componentes, kits e características que podem ser combinados na variante de produto, podendo facilitar o processo de projeto do produto. Trata-se de uma das principais interfaces empresa-cliente na oferta de produtos customizados em massa

3.5 componente (construtivo)

unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida, com medidas especificadas nas três dimensões e destinada a atender funções específicas (por exemplo, bloco de alvenaria, telha, folha de porta)

3.6 comunalidade

estado, característica ou parte que é comunal. No contexto desta norma, refere-se à parte em comum ou repetível entre processos de produção ou entre produtos da construção civil. É uma característica importante no *design* de famílias de produtos com arquiteturas modulares, que garante o alcance das economias de escala. As métricas baseadas em comunalidade são utilizadas para medir a reutilização dos componentes, interfaces e processos dentro de uma família de produtos

3.7 construção modular

sistema composto de componentes separados que são pré-fabricados em ambiente controlado, que podem ser justapostos e/ou acoplados formando a edificação. Nela é possível substituir ou adicionar módulos sem afetar o resto do sistema; possui 4 tipologias: construção modular volumétrica, também chamada de 3D; construção modular painelizada, também chamada de 2D; construção modular paramétrica e construção modular híbrida, quando são utilizadas duas ou mais tipologias

3.8 construção industrializada

refere-se à edificação composta por elementos e sistemas produzidos industrialmente e executados por processos de montagem no canteiro de obras. Para que os elementos e sistemas sejam considerados industrializados é importante considerar a tecnologia com a qual foram desenvolvidos e não apenas o seu local de produção externo ao canteiro de obras

3.9 customização em massa

estratégia de negócios para fornecer produtos segundo os requisitos específicos dos clientes, por meio de processos e estruturas organizacionais flexíveis, ágeis e integrados, em prazo e custo similares ao da produção em massa

3.10 *design for manufacturing and assembly* (DfMA)

trata-se de um processo para desenvolver produtos, componentes, elementos ou sistemas que facilite a fabricação e montagem dos produtos

3.11 elemento (construtivo)

parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes (por exemplo, parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura)

3.12 espaço de solução

trata-se do conjunto de variantes do produto a serem oferecidas aos clientes da empresa. A delimitação do espaço de solução considera as plataformas, partes customizadas e personalizadas dos produtos, definindo regras de como estes podem ou não ser combinados pelos clientes em um menu de escolha ou configurador

3.13 família de produtos

conjunto de produtos que se utiliza de componentes, elementos e sistemas em comum, ou seja, uma mesma plataforma, mas que ainda tem variações em sua configuração, geralmente desenvolvida para atender a um segmento de mercado e clientes

3.14 habitação de interesse social (HIS)

trata-se de uma série de soluções de moradia voltadas para a população de baixa renda

3.15 industrialização

processo de natureza repetitiva, em que a variabilidade casual de cada fase que caracteriza as ações artesanais é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade de execução, típica de operações parcial ou totalmente mecanizadas, que demandam um elevado nível de padronização e normatização

3.16 industrialização aberta

sistema de industrialização flexível em que componentes, elementos e sistemas são produzidos de forma modular e compatíveis entre si e, portanto, intercambiáveis, independente do fabricante. Na industrialização aberta, a padronização e modulação oferecem suporte para a compatibilidade e a interoperabilidade entre componentes e elementos. Por exemplo, para produzir elementos, componentes e sistemas dimensionalmente intercambiáveis é fundamental a consideração do módulo básico (M) e princípios de coordenação modular

3.17 industrialização fechada

sistema de industrialização cujos componentes e elementos são produzidos para serem montados somente de acordo com as dimensões definidas pelo fabricante, não sendo intercambiáveis entre fabricantes diferentes

3.18 interface

elemento que proporciona uma ligação física entre dois sistemas ou partes de um sistema que não poderiam ser conectados diretamente. Relação entre partes de um sistema que pode ser espacial, física e de informação

3.19 kits para construção (*kits-of-parts*)

conjuntos de peças individuais e/ou de componentes que são pré-engenheirados, desenvolvidos e pré-fabricados para serem montados conjuntamente configurando parte de ou uma edificação. Concretizam fisicamente a plataforma dos produtos ao se tratarem de conjuntos de componentes recorrentes em diferentes produtos, pela similaridade de características ou funções, que podem variar de acordo com características limitadas. Esse conceito está baseado na tradução do conceito de *kit-of-parts* da indústria de bens de consumo ou manufatura

3.20 módulo

componente ou grupo de componentes que pode ser intercambiável dentro de uma arquitetura de produto para produzir uma variedade de produtos similares. No contexto desta norma, além do módulo como uma unidade para a modularidade, pode ser mencionado referindo-se ao módulo básico da coordenação modular, conforme próxima definição

3.21 módulo básico (*basic module*)

menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é M = 100 mm (10 cm)

3.22 modularidade

conceito baseado na ideia de decomposição de um sistema de módulos (formados por componentes, elementos e sistemas) independentes entre si, mas que funcionem como um conjunto quando unidos, permitindo a sua combinação em variações de um produto. Está relacionada com conexões, interface e intercambiabilidade das partes de um produto, podendo ainda ser aplicada aos processos

3.23 padronização

uso extensivo de componentes, métodos ou processos em que há regularidade e repetição, bem como casos anteriores de práticas bem-sucedidas e previsíveis. Também se refere à utilização de componentes, elementos e sistemas idênticos em um produto ou entre produtos. Utilizada para alcançar economias de escala

3.24 *platform design for manufacturing and assembly (PDfMA)*

expande o conceito de DfMA para uma abordagem baseada na proposição de plataformas, seja física ou de processo. Na construção civil é viabilizado pela comunidade entre diferentes partes de edificações de diferentes tipos, minimizando a necessidade de realizar os projetos sob medida ou completamente personalizados

3.25 plataforma

conjunto de componentes e/ou elementos padronizados utilizados de forma comum (interoperáveis) em produtos variados ou em uma família de produtos. Tipicamente relacionados a componentes físicos dos produtos; no entanto, podem representar processos repetitivos, interfaces em comum, tecnologias e/ou conhecimento. As plataformas são basicamente a parte padronizada e reutilizada em diversos produtos ou variantes dentro de uma mesma família

3.26 ponto de desacoplamento do pedido do cliente - PDPC (*customer order decoupling point - CODP*)

ponto de entrada do pedido do cliente no processo de desenvolvimento e fabricação de produtos, separando atividades baseadas na previsão de demandas de mercado, geralmente com foco na padronização, e atividades para a configuração solicitada pelo cliente, focadas na customização e ou diferenciação do produto. Pode ser relacionado também com a separação entre a adoção de conceitos de produção empurrada, elementos padronizados e produção puxada, pelo pedido do cliente

3.27 produto derivado

refere-se à gama de produtos resultante da combinação de uma família de produtos, os quais podem ser oferecidos a diversos segmentos de mercado

3.28 sistema

maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que o define (por exemplo, fundação, estrutura, pisos, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura)

3.29 variantes de produtos

cada produto final ou de uma família é uma variante de produto. Refere-se a uma das possíveis soluções ou produtos dentro de uma família. As variantes de produto geralmente têm funções principais similares, e suas funções secundárias, componentes e elementos adicionais que criam a diferenciação entre produtos

4 Objetivos

O desenvolvimento de plataformas para habitação de interesse social tem por objetivos:

- a) ampliar a comunalidade e interoperabilidade dos componentes, elementos e sistemas utilizados na construção civil;
- c) disseminar e incentivar o uso da coordenação modular na produção da habitação de interesse social no Brasil;
- d) aumentar a racionalização, produtividade e eficiência da produção da habitação de interesse social;
- e) reduzir o tempo e complexidade de projeto, especialmente ao combinar uma variedade de componentes, elementos e sistemas padronizados para habitação de interesse social, potencializando o uso de estratégias de customização em massa para aumentar a variedade de produtos;
- f) viabilizar e incentivar a adoção de estratégias de customização em massa na habitação de interesse social, visando o equilíbrio entre o alcance de economias em escala e da satisfação dos clientes;
- g) fomentar o uso de softwares BIM, ferramentas de design paramétrico e design generativo;
- h) reduzir os tempos e custos de fabricação, montagem e instalação da habitação;
- i) reduzir desperdício de materiais, tempo e mão de obra no corte e aparagem no local, assim como uso consciente de matéria-prima;
- j) facilitar a pré-fabricação;
- k) promover a industrialização da construção, principalmente a aberta, incentivando a interoperabilidade entre componentes, elementos e sistemas;
- l) incentivar a economia de escala e escopo por meio da repetitividade e reutilização dos componentes, elementos e sistemas em habitação de interesse social.

5 Plataformas e a industrialização da construção civil

Os benefícios da industrialização, como redução de custos e tempo de produção, aumento da qualidade dos produtos, melhorias na segurança no canteiro de obras, e redução do impacto ambiental, embora bem conhecidos, nem sempre são obtidos na construção. Os desafios para alcançá-los podem estar relacionados a diferenças entre terrenos, contextos e, principalmente, a especificidades do produto e processos da construção. **“O desenvolvimento habitacional não é uma linha de montagem”**. A produção habitacional envolve uma rede complexa e fragmentada de diversos agentes com interesses e objetivos muitas vezes diferentes e conflitantes, com tempos de desenvolvimento muito longos e suscetíveis a atrasos decorrentes de excessiva burocratização, entre outras causas. Além disso, as particularidades da demanda dos clientes, localização e fatores bioclimáticos, ou especificidade de uso dos produtos construtivos para a produção de projetos habitacionais dificultam a padronização das soluções como, por exemplo, as configurações geométricas dos terrenos, topografia, requisitos de códigos de obras e planos diretores, complicações logísticas devido às dimensões dos elementos e necessidades de

icamento. Tais particularidades, de certa forma, incentivam a padronização mais elevada dos processos e menor dos produtos, além de destacar a necessidade de adaptabilidade e flexibilidade.

O aumento da adoção da industrialização da construção depende de uma mudança completa de cultura dos mais diversos agentes e da superação de barreiras relacionadas: imprevisibilidade, mudanças de planejamento e gestão dos empreendimentos, formas de financiamento habitacional, falta de especialização da mão de obra e familiaridade dos clientes com os sistemas e opções industrializadas, desafios logísticos de obra e de tributação.

A adoção de plataformas na construção civil tem sido vista como uma solução para problemas sistêmicos como a fragmentação da cadeia de suprimentos, falta de previsibilidade e baixa produtividade, além de incentivo à industrialização da construção. Neste contexto, as plataformas vêm sendo adotadas para desenvolver famílias de produtos de forma racionalizada para alcançar economias em escala por meio da padronização de partes do produto e/ou processo. Assim, as plataformas têm sido utilizadas para configurar edificações com diferentes finalidades e usos. De forma prática, as plataformas são a parte padronizada e reutilizada em diversas variantes de produtos, compostas por módulos padronizados e módulos variáveis, considerando regras para sua combinação.

A modularidade dos produtos baseados em plataformas permite que os módulos sejam intercambiáveis e adicionados conforme a necessidade e requisitos de cada variante do produto, parte da família. A reutilização nesse contexto não ocorre apenas nas partes físicas do produto, mas, também, pode ser do conhecimento, de etapas de projeto de produto e de resultados anteriores de testes de qualidade.

As plataformas vêm sendo adotadas na construção em busca de benefícios como:

- a) gerar economia de escala ou escopo por meio da padronização de partes do produto e/ou processo;
- b) aumentar a flexibilidade e variedade de produtos e viabilizar a adoção de estratégias de customização em massa, utilizando-se de um número de componentes, elementos e sistemas pré-definidos e processos em comum, para atender a diferentes segmentos de mercado;
- c) reduzir os tempos de entrega e custos de projeto e construção;
- d) melhorar a adaptabilidade das edificações;
- e) reduzir a complexidade de projeto do produto, devido à reutilização de partes do processo, aprendizado, e de partes do projeto do produto.

6 Plataformas para habitação de interesse social

O sucesso técnico da adoção de plataformas depende da comunalidade entre os componentes, elementos e sistemas utilizados em um conjunto de variantes do produto para gerar a eficiência, aumentando a produtividade e gerando economias de escala. Ao mesmo tempo, as variantes de produtos e adaptações específicas para cada projeto são essenciais para atender as necessidades e expectativas dos diversos clientes e mercado. Na habitação de interesse social a necessidade de customização torna-se ainda mais relevante devido à diversidade das demandas e expectativas de seus usuários finais, resultantes das diferentes estruturas familiares, tendências demográficas e de estilos de vida, entre outros. Embora a padronização seja essencial, por si só não é suficiente para gerar plataformas de produtos de sucesso. A padronização excessiva dos

componentes, elementos e sistemas na construção resultaria em plataformas de produto e de projeto rígidas e inflexíveis, dificultando a customização e renovação de tais edificações. Portanto, é necessário que as plataformas sejam desenvolvidas com base em padronização, e mantenham a flexibilidade e possibilidade de customização.

Portanto, na idealização de plataformas para a construção é importante identificar três tipos de partes do produto habitacional:

a) **Únicas, específicas ou personalizadas**: uma parte única da variante de produto, que a torna específica para atender a um requisito específico do projeto.

b) **Variáveis ou customizadas**: são os blocos de construção de um produto, que podem ser utilizados em duas ou mais variantes de produtos de uma família, as quais têm características customizáveis limitadas, como, por exemplo, cor, tamanho e acabamento.

c) **Comuns ou padronizadas**: são as partes compartilhadas por todos os produtos de uma família; estes elementos físicos também são conhecidos como a plataforma em si.

Para definir tais partes em um produto habitacional é necessário o profundo entendimento da demanda dos clientes e das capacidades do setor de produção habitacional. Ao combiná-las é possível estabelecer plataformas, variantes de produtos, famílias de produtos e espaços de solução, conforme esquematizado na Figura 1.

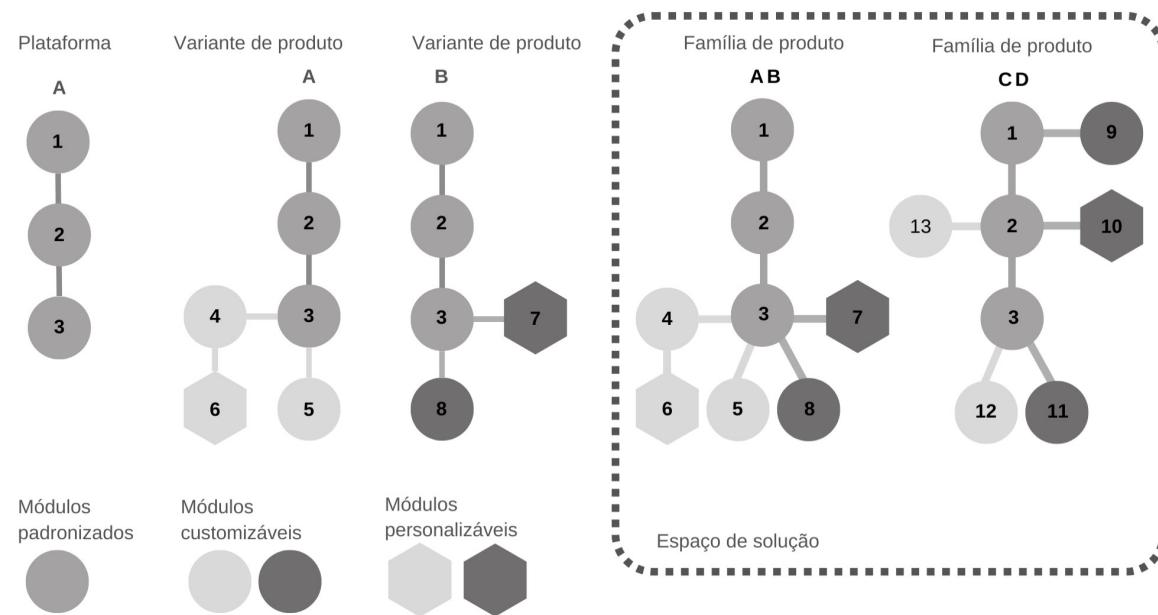


Figura 1 - Partes do produto padronizadas, customizáveis e personalizáveis e como estas compõem plataformas, variantes de produtos e famílias

6.1 Princípios e regras para definição das plataformas

A definição de plataformas para habitação de interesse social deve basear-se nos seguintes princípios:

a) **Padronização e repetitividade**: plataformas que possam ser reutilizadas entre múltiplos produtos, não idênticos.

A padronização das dimensões arquitetônicas de alguns ambientes permite a sua reutilização em múltiplos projetos. Tais projetos não seriam idênticos já que nem todos os espaços têm uma dimensão padronizada, e sua configuração espacial ou *layout* das unidades pode ser completamente diferente de acordo com requisitos do projeto, do terreno, regulamentares, demandas de mercado local e assim por diante.

b) **Configurabilidade:** as plataformas devem possuir características configuráveis de acordo com requisitos específicos dos projetos.

A padronização das dimensões arquitetônicas de alguns ambientes e estabelecimento de dimensões mínimas são apenas o ponto de partida do projeto, permitindo que muitos dos seus aspectos sejam configuráveis conforme especificidades. De fato, essa característica das plataformas de produtos é o que possibilita a adoção da customização em massa na HIS, por meio das quais podem ser criadas famílias de ambientes, que, combinadas de formas diferentes, geram infinitas possibilidades para a configuração das unidades habitacionais, sem aumentos significativos em seu custo de produção.

c) **Comunalidade (elementos que se repetem ou em comum):** as plataformas de produtos devem compreender elementos em comum que se repetem entre variantes. Tais elementos podem ser kits para construção, isto é, componentes e elementos físicos, processos produtivos, conhecimento e cadeia de valor e suprimentos. A proposta de padronização das dimensões arquitetônicas poderia gerar communalidade entre os kits para construção e também de processos produtivos, principalmente dos tipos mencionados acima.

d) **Interfaces compartilhadas (ou em comum):** é importante que as interfaces entre módulos e/ou entre componentes, elementos e sistemas da construção sigam uma determinada padronização e sejam compatíveis, para viabilizar a sua intercambiabilidade e coordenação modular, facilitando a composição de unidades habitacionais. Além disso, as plataformas de produtos devem ser idealizadas de forma a apresentarem interfaces que possam ser compartilhadas com projetistas e fornecedores de componentes, elementos e sistemas que serão utilizados no projeto de unidades habitacionais. Este compartilhamento poderia ser estabelecido, por exemplo, por meio de bibliotecas de objetos BIM.

e) **Qualidade:** as plataformas devem ter padrões de qualidade claramente estabelecidos. Este princípio está relacionado à industrialização e pré-fabricação dos componentes e elementos construtivos, fatores os quais podem influenciar positivamente no aumento da qualidade da habitação de interesse social.

f) **Informação estruturada:** as informações relativas às plataformas devem ser estruturadas e organizadas de forma a promover a interoperabilidade em diferentes níveis, tanto de produto quanto de processos, cadeia de suprimentos etc. As informações podem ser categorizadas nesse sentido, como informações do produto, informações de implementação e da empresa desenvolvedora. Por exemplo, a padronização das dimensões arquitetônicas poderia ser parte informativa sobre alguns parâmetros mínimos de produto para a definição das plataformas.

g) **Interoperabilidade e industrialização aberta:** as plataformas desenvolvidas devem ser interoperáveis entre produtos e entre agentes da cadeia de valor, definidas por interfaces em comum, para determinadas funções. Assim, a industrialização aberta das plataformas e módulos possibilita a produção por mais de um fabricante e a integração da cadeia de suprimentos. A necessidade de componentes interoperáveis para incentivar a industrialização aberta é uma das sinergias entre a definição de plataformas e a coordenação modular.

6.2 Abordagens para a definição de plataformas

Abordagens proativas dos fabricantes de acordo com seus produtos ou de cima para baixo (*top-down*): iniciativa de empresas de forma proativa para o *design* de plataformas baseada em suas informações sobre demanda de mercado identificadas, registros de engenharia, capacidades organizacionais e vantagens competitivas que permitem a definição do conjunto de plataformas a serem oferecidas ao mercado.

Abordagens reativas dos fabricantes baseadas em respostas do mercado aos produtos oferecidos ou de baixo para cima (*bottom-up*): estratégia de *design* de plataformas que resulta da análise de respostas ou reação do mercado em relação aos produtos oferecidos pela empresa. Geralmente resultam do *redesign* da família de produtos respondendo às demandas de mercado, aumentando a padronização e comunidade dos componentes, elementos e sistemas utilizados, para aumentar a economia de escala e reduzir estoques. As estratégias reativas são baseadas na comunidade entre componentes e elementos encontrados em uma família de produtos e, ao refinar suas famílias de produtos, utilizam-se de índices de comunidade para determinar a eficiência do *redesign*.

Independentemente da abordagem escolhida, o objetivo é delimitar plataformas e variantes de produtos que serão oferecidas pelas empresas dentro do espaço de solução.

6.3 Abordagens para a definição de famílias de produtos

Duas abordagens podem ser adotadas para a definição de famílias de produtos baseadas em plataformas: a modular e a escalável. As famílias baseadas em arquiteturas modulares são geradas pela adição, substituição ou remoção de um ou mais módulos funcionais da plataforma, de maneira geral mais flexíveis. A arquitetura modular dos produtos permite que um módulo seja substituído para adicionar funcionalidades, sem afetar a habilidade do produto em atender às suas demais funções necessárias. Tal arquitetura também permite que as alternativas de produtos ou variantes sejam criadas pelas diversas combinações dos módulos disponíveis. Na perspectiva da modularidade, as plataformas são os módulos que se repetem dos diversos produtos de uma família, ou até mesmo o módulo estrutural que possibilita a adição de módulos personalizados. O principal objetivo no desenvolvimento de famílias de produtos com arquitetura modular é maximizar a reutilização dos módulos em diferentes famílias e, para isso, é necessário identificar as interações entre variantes e interfaces para possibilitar a reutilização.

As famílias escaláveis têm sua base em plataformas com uma ou duas dimensões flexíveis, que podem ser esticadas ou reduzidas para adaptar-se ao produto e necessidades dos nichos de mercado. Independentemente da abordagem definida para desenvolver as famílias de produtos, as empresas e organizações ainda precisam identificar e organizar os componentes, elementos e sistemas em plataformas e variantes de produtos, e verificar se estes atendem a diferentes segmentos e nichos de mercado por meio das plataformas.

O desenvolvimento de famílias de produtos também pode ser baseado na mescla de arquiteturas de produto integral e modular (Figura 2), além da combinação de partes padronizadas, personalizadas ou personalizadas. O importante é encontrar um equilíbrio entre tais arquiteturas e partes. Na construção, esta combinação de abordagens possibilita alguns primeiros passos na jornada de industrialização.

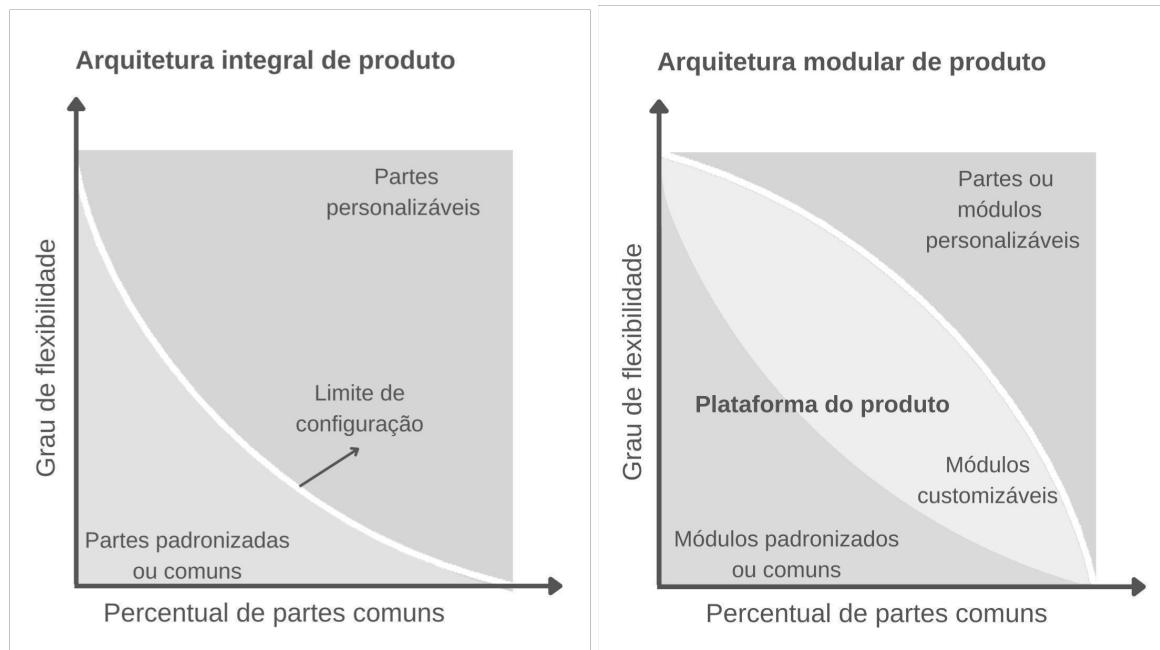


Figura 2 - comparação entre arquitetura de produto integral e modular

Atualmente na construção os produtos são desenvolvidos com base em uma arquitetura integral de produto (Figura 2), o que significa que a sua arquitetura relaciona de forma complexa muitos componentes, elementos e sistemas, incluindo partes funcionais e de interface. Neste caso dificilmente uma parte pode ser substituída sem afetar outras partes, além de ser difícil realizar a divisão do produto em termos de desenvolvimento e produção. Portanto, para incentivar a industrialização da construção e aumentar a adaptabilidade dos produtos da construção civil, é essencial considerar o equilíbrio entre partes de arquitetura integral e modular e uma migração para arquiteturas modulares.

7 Níveis de padronização e customização

As abordagens baseadas em plataformas permitem a operacionalização dos diferentes níveis de padronização e customização dos produtos. Na construção civil, as abordagens baseadas em plataformas valem-se da comunalidade de componentes, elementos e sistemas utilizados em edificações com diversos usos e finalidades (tipologias arquitetônicas), minimizando a necessidade dos projetos serem completamente personalizados. Isto é, a customização e padronização são conceitos que podem ser considerados dois extremos de um mesmo *continuum*, com base nos quais as empresas e organizações podem desenvolver estratégias de negócios de acordo com seus objetivos e expectativas do mercado.

O nível de padronização e customização adotado pelas empresas e organizações pode ser representado pelo ponto de desacoplamento do pedido do cliente (PDPC). O PDPC tem diferentes implicações no processo de definição das plataformas e está associado à necessidade da adoção de diferentes tecnologias de informação. O ponto de desacoplamento define o nível de padronização dos produtos e em qual momento do desenvolvimento ou produção a diferenciação do produto se inicia (Figura 3). É a partir da definição do PDPC que as empresas podem definir sua abordagem PDfMA, que facilita a fabricação de produtos baseados em plataforma.

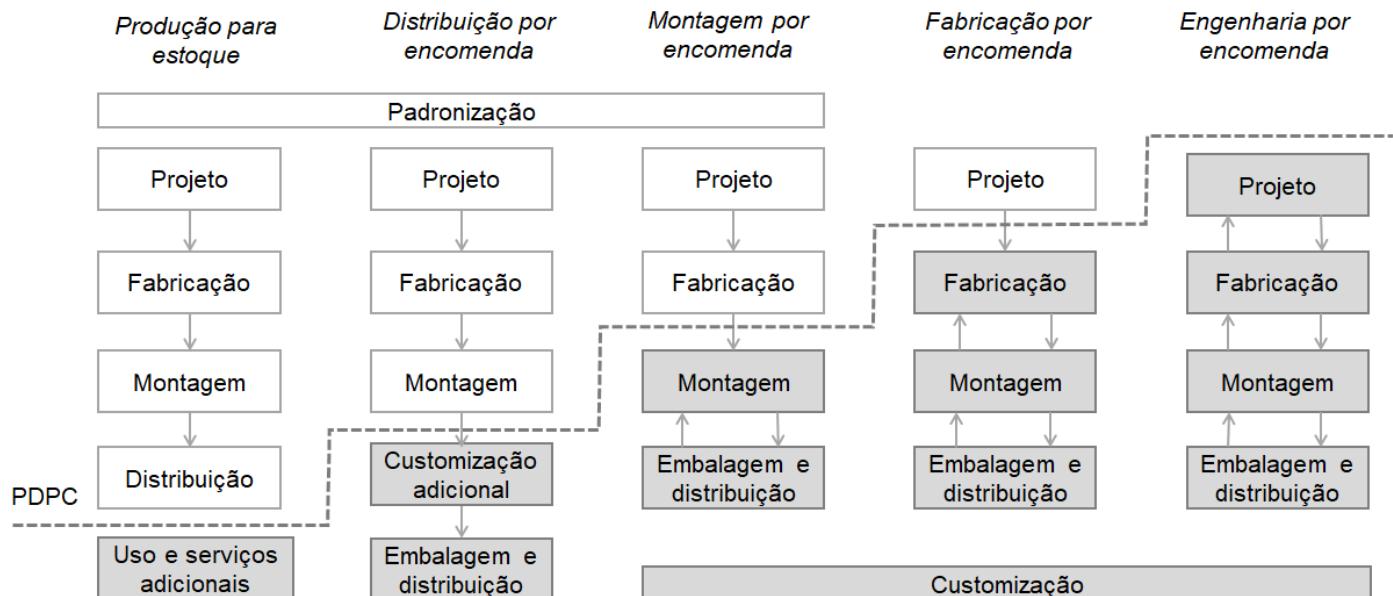


Figura 3 - níveis de padronização e customização dos produtos habitacionais

A Figura 3 ilustra processos genéricos de fabricação de produtos habitacionais e seus possíveis níveis de padronização e customização. Nessa é possível vislumbrar que, quanto mais ao final do processo de fabricação ou cadeia de valor encontra-se o PDPC, maior é o nível de padronização do produto; e, quanto mais acima, maior é o nível de customização e possível integração do cliente no processo de desenvolvimento. É importante destacar que o maior uso de plataformas, e com maior eficiência, situa-se nas situações intermediárias, como, por exemplo, montagem por encomenda. O alto nível de padronização de produção para estoque pode gerar produtos inadequados às necessidades de mercado. O aprofundamento sobre a padronização para o *design* de plataformas está exposto na parte 2 da Norma proposta.

No outro extremo da Figura 3, na engenharia por encomenda (*engineer-to-order*), a padronização e as plataformas também podem ser adotadas; no entanto, geralmente atreladas a processos e conhecimentos a serem reutilizados entre produtos. Em particular na engenharia por encomenda, é possível obter diferentes níveis de integração do cliente durante o processo de projeto, o que implicará em maior ou menor grau de similaridade com outras formas de fabricação dos produtos habitacionais.

Os níveis e espaço de solução definidos pelas empresas servem como base para a definição dos processos de integração do cliente e configuração do produto; portanto, refletem diretamente nos configuradores e possíveis variantes de produtos oferecidos. Assim, os configuradores podem ser implementados de forma que os clientes e/ou profissionais possam:

- Selecionar uma variante do produto (*select a variant*):** selecionar produtos padronizados do portfólio prontos para uso. Neste caso o processo é mais restrito. As necessidades do cliente são atendidas selecionando produtos de catálogos de produtos prontos e possibilidades de entrega.
- Configurar por encomenda (*configure-to-order*):** configurar um produto por meio da seleção de módulos e suas interfaces. Aqui se gera um produto por meio de peças e módulos padrão. Estes geralmente podem ser reutilizados de produtos anteriores. Neste caso, os requisitos do cliente são atendidos pela combinação de peças e módulos diferentes.
- Modificar por encomenda (*modify-to-order*):** os produtos neste caso são projetados com base em estruturas de produtos genéricos predefinidos com algumas regras as quais terão seus

parâmetros modificados ou editados para gerar o produto desejado. Desta forma, as necessidades dos clientes são satisfeitas por um projeto base e certas variantes que influenciam as atividades de fabricação.

d) **Projetar por encomenda (engineer-to-order):** neste caso o projeto do produto é projetado por encomenda, a partir da definição de regras de *design* e fabricação para produtos. Aqui as necessidades dos clientes são consideradas desde o processo de projeto.

As formas de implementação dos configuradores estão relacionadas tanto às diferentes formas de fabricação quanto às diferentes estratégias de engenharia por encomenda com níveis variados de integração dos clientes no processo de projeto.

8 Níveis de industrialização da construção

A industrialização da construção pode ser aplicada em diversos níveis, e isso vai impactar no que se define como plataforma. A consideração da edificação como um produto da construção civil facilita a adaptação e aplicação de alguns conceitos provenientes da indústria de bens de consumo na construção. Por exemplo, a integração ou combinação das abordagens de construção modular pode ocorrer ao se considerar componentes, elementos e sistemas como produtos de fornecedores parceiros dentro de um produto maior, ou projeto da edificação a ser entregue. O entendimento da decomposição das edificações ou seus projetos em produtos e módulos facilita a definição das plataformas e a integração de partes com diferentes níveis de industrialização para compor um projeto em específico (Figura 4).

Ao se falar em construção modular há algumas abordagens disponíveis, como painelizada ou 2D, e módulos volumétricos ou 3D. Tais abordagens estão detalhadas na parte 3 desta Norma, e não são excludentes e podendo ser combinadas em uma única edificação em soluções híbridas. Por exemplo, os sistemas painelizados podem estar associados às vedações de fachadas, aos pisos e tetos; os sistemas modulares volumétricos podem ser ambientes encaixados na estrutura, como banheiros, e os kits para construção podem ser a estrutura apenas montada no canteiro (sem soldagem) ou elementos pré-fabricados de fácil montagem no canteiro. As diferenças e limites entre estas abordagens podem deixar de existir, dependendo de uma série de fatores da indústria.

Família de produtos

Residencial



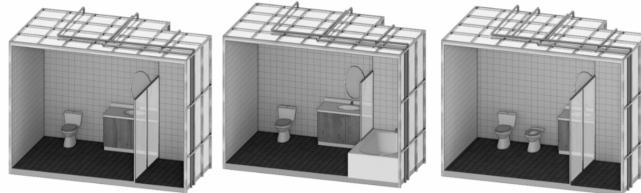
Nível de sistema

- Banheiros
- Estrutura
- Cobertura
- Vedações



Nível de módulo variante

- Padrão
- Banheira
- Bidê



Nível de componente

- Tubulações de água
- Perfil metálico
- Kit chuveiro

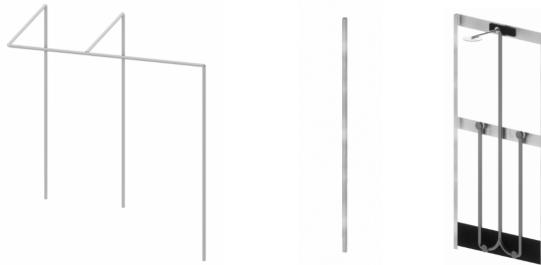


Figura 4 - decomposição dos produtos em produtos em uma edificação

Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção

Parte 2: Padronização das dimensões arquitetônicas

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. As normas brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos comitês brasileiros (ABNT/CB), dos organismos de normalização setorial (ABNT/ONS) e das comissões de estudo especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por comissões de estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os documentos técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR xxxxx foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Coordenação Modular para Edificações (CE-02:138.15). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº xx, de xx.xx.xxxx a xx.xx.xxxx, com o número de Projeto xx:xxx.xx-xxx.

O Escopo desta proposta de Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard defines the terms, and proposes a basis for the standardization of architectural dimensions in order to facilitate the social housing design process, the adoption of modular coordination and, in the future, the proposition of platforms for this context. It is important to highlight that the suggestions made in this proposal are not intended to determine inflexible dimensions or to limit the design process, but to indicate minimum dimensions to be considered in social housing projects that guarantee habitability and facilitate the design process, encouraging the use of designers' creativity in housing solutions.

This Standard must be observed in the elaboration and revision of specific norms, NBR 15575, ordinances of housing programs, Building Codes, Regulations of the Fire Department, among others detailed in the normative reference item.

Introdução

Esta Norma estabelece os requisitos para padronização das dimensões arquitetônicas de componentes, elementos e sistemas para habitação de interesse social (HIS). Esta visa incentivar a adoção da coordenação modular e industrialização da construção no contexto da HIS. É importante destacar que a padronização e a comunalidade não são o objetivo final, mas sim, um meio de desenvolver melhores produtos para a construção civil.

A padronização das dimensões arquitetônicas pode ocorrer em diversos níveis. A falta de padronização, assim como, a padronização excessiva dos componentes, elementos e sistemas, e dos espaços na construção civil podem significar retrocessos e perdas tanto para os usuários da HIS quanto para a indústria da construção. Portanto, a proposição de padronização de dimensões arquitetônicas, assim como a de plataformas, deve ser baseada em um equilíbrio delicado entre a comunalidade e intercambiabilidade, e a necessidade de diferenciação e flexibilidade.

A padronização das dimensões arquitetônicas pode ocorrer com maior frequência em algumas partes ou ambientes da habitação de interesse social e com menor frequência em outras. Por exemplo, ambientes de baixa permanência, como banheiros, poderiam apresentar soluções mais padronizadas do que ambientes de ampla permanência, como estares ou dormitórios. Outras possibilidades abrangem a padronização dos elementos estruturais e invisíveis da edificação, enquanto que os visíveis podem apresentar customização. Estes e outros critérios podem auxiliar no processo de tomada de decisão em relação a que partes do produto habitacional deveriam ser padronizadas, assim como facilitar o processo de projeto de unidades habitacionais.

Ressalta-se que a presente Norma pode ser objeto de citação em regulamentos técnicos, códigos de edificações, certificações, financiamentos, licitações, pregões, normas técnicas de componentes, elementos e sistemas, assim como em demais documentos e atividades que façam referências a produtos e projetos de edificações.

1 Escopo

Esta Norma define os termos e propõe uma base para a padronização de dimensões arquitetônicas para facilitar o processo de projeto de habitação de interesse social, a adoção da coordenação modular e, futuramente, a proposição de plataformas para este contexto. É importante destacar que as sugestões realizadas na presente proposta não pretendem determinar dimensões inflexíveis ou engessar o processo de projeto, mas, sim, indicar dimensões mínimas a serem consideradas nos projetos de HIS para garantir habitabilidade e facilitar o processo de projeto, incentivando o uso da criatividade dos projetistas em soluções habitacionais.

Esta Norma deve ser observada na elaboração e revisão de normas específicas, NBR 15575, portarias de programas habitacionais, códigos de edificações, normativas do corpo de bombeiros, entre outras, detalhadas no item de referência normativa.

2 Referência normativa

ABNT NBR 6492:2021 - Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos - Requisitos

ABNT NBR 15575:2021 - Edificações habitacionais - Desempenho

ABNT NBR 15873:2010 - Coordenação modular para edificações

ABNT NBR 9050:2020 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos

ABNT NBR 9077:2001 - Saída de emergência em edifícios

ABNT NBR 14718:2019 - Esquadrias — Guarda-corpos para edificação — Requisitos, procedimentos e métodos de ensaio

ABNT 9050

GB/T 50002:2013 - Standard for modular coordination of building

ISO 8560:2019 - Building construction - Modular coordination - Technical drawings - Construction drawings - Representation of modular sizes, lines and grids

ISO 21723:2019 - Buildings and civil engineering works - Modular coordination - Module

ISO 2848:1984 - Building construction - Modular coordination - Principles and rules

3 Termos e definições

3.1 arquitetura paramétrica (*parametric design*)

processo baseado em um algoritmo que permite a expressão de parâmetros e regras que definem, codificam e estabelecem uma relação entre uma concepção de projeto e uma solução possível de projeto. A relação entre elementos geométricos e sua manipulação resulta na geração de soluções geométricas complexas e suas estruturas

3.2 abordagens de *design generativo* (*generative design approaches or techniques*)

trata-se do processo iterativo de projeto para identificar uma melhor solução, baseada em uma concepção inicial e em limitações, parâmetros e regras. O uso destas abordagens possibilita a visualização e avaliação de diversas alternativas de projeto simultaneamente

3.3 componente modular

componente construtivo cujas medidas são modulares (por exemplo, componentes modulares para o fechamento da medida modular 34 M)

3.4 malha modular (*modular grid*)

Versão revisada de proposta de norma - versão 30/10/2022

22

projeção ortogonal do sistema de referência modular, baseado no módulo básico e em multimódulos adequados ao projeto a ser realizado (por exemplo, malha com: M (malha modular com o módulo básico), 3 M (malha modular de projeto com o componente construtivo a ser utilizado) e 24 M (malha modular estrutural com o espaçamento entre pilares); estas diversas malhas podem ser utilizadas sobrepostas em layers diferentes no software de projeto)

3.5 medida modular

medida cujo valor é igual ao módulo básico ou a um multimódulo (por exemplo, painel de 6 M x 28 M x 1 M)

3.6 módulo básico (*basic module*)

menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é M = 100 mm (10 cm)

3.7 multimódulo (*multimodule*)

múltiplo inteiro do módulo básico (n x M)

3.8 padronização

uso extensivo de componentes, métodos ou processos em que há regularidade e repetição, bem como casos anteriores de práticas bem-sucedidas e previsíveis. Também se refere à utilização de componentes, elementos e sistemas idênticos em um produto ou entre produtos. Utilizada para alcançar economias de escala

3.9 redundância

duplicidade ou presença de funções ou características desnecessárias para o produto em específico

4 Objetivos

A padronização das dimensões arquitetônicas tem por objetivos:

- a) ampliar a comunidade e interoperabilidade dos componentes, elementos e sistemas utilizados na construção civil;
- b) racionalizar a variedade de medidas empregadas na fabricação de componentes, elementos e sistemas construtivos;
- c) disseminar e incentivar o uso da coordenação modular na produção da habitação de interesse social;
- d) aumentar a racionalização, produtividade e eficiência da produção da habitação de interesse social;
- e) reduzir o tempo de projeto, especialmente ao combinar uma variedade de componentes, elementos e sistemas padronizados para habitação de interesse social, potencializando o uso de estratégias de customização em massa para aumentar a variedade de produtos e a satisfação dos clientes;
- f) fomentar o uso de BIM, arquitetura paramétrica e projetos generativos na habitação de interesse social;

- g) reduzir os custos de produção da habitação;
- h) reduzir desperdício de materiais, tempo e mão-de-obra no corte e aparagem no local, assim como usar de forma consciente a matéria-prima;
- i) facilitar a pré-fabricação e promover a industrialização da construção, principalmente a aberta, incentivando a interoperabilidade entre componentes, elementos e sistemas;
- j) incentivar a economia de escala e escopo por meio da repetitividade e reutilização dos componentes, elementos e sistemas em habitação de interesse social.

5 Padronização de dimensões arquitetônicas para a definição de plataformas

Para a adoção das plataformas na habitação de interesse social é fundamental a reflexão e a mudança de arquiteturas de produto prioritariamente integrais para arquiteturas de produtos mais modulares. O uso de arquiteturas modulares em edificações requer sua decomposição em módulos e maximização da reutilização desses entre os produtos. Neste contexto, a padronização tem o papel fundamental de possibilitar a reutilização dos componentes, elementos, sistemas e espaços, e é essencial para atingir as economias em escala.

Para definir quais módulos serão reutilizados entre produtos, é necessário considerar não apenas suas similaridades, mas se as variantes resultantes atenderão as necessidades de diferentes nichos e resultarão em uma vantagem competitiva no mercado. As métricas de comunalidade entre produtos podem ser utilizadas para identificar partes a serem reutilizadas entre as variantes de produtos. Na habitação de interesse social poderiam ser determinadas métricas de comunalidade entre projetos para definir quais componentes, elementos, sistemas e espaços poderiam ser reutilizados dentro de famílias de produtos habitacionais.

A padronização dos componentes, elementos e sistemas possibilita o incentivo à industrialização aberta, na qual mais de um fornecedor será capaz de oferecer produtos compatíveis com o projeto. Isso tem implicações na integração da cadeia de suprimentos, aumento da competitividade no mercado e maior flexibilidade para solucionar problemas relacionados aos suprimentos. Para isso é necessário o desenvolvimento de interfaces em comum entre partes padronizadas, customizadas ou personalizadas do produto habitacional, que facilitem a sua substituição, sem o comprometimento das suas demais funções e características. Além disso, a padronização das interfaces entre partes pode aumentar as combinações possíveis entre componentes, elementos e sistemas, e flexibilizar as variantes de produtos habitacionais, o que pode aumentar a satisfação dos arquitetos e clientes finais.

O princípio do *design* baseado em plataforma é que a solução de projeto se utilize do máximo de módulos e partes padronizadas, que atendam às necessidades dos clientes. Quando não há módulos disponíveis para atender tais requisitos são utilizados módulos customizados ou personalizados.

6 Diretrizes para a padronização das dimensões arquitetônicas

As diretrizes e requisitos para a padronização das dimensões arquitetônicas apresentados a seguir têm como objetivo possibilitar a definição de dimensões arquitetônicas padronizadas e facilitar o seu uso no processo de projeto de arquitetura. Tais dimensões também poderiam ser utilizadas na definição de plataformas para habitação de interesse social. As diretrizes e requisitos incluem:

- a) compreender o objetivo e demanda por padronização das medidas;
- b) analisar diversas fontes de dimensões;
- c) estabelecer faixas de medidas (mínimas e máximas), considerando o diálogo com a coordenação modular;
- d) criar ferramentas de suporte ao design e à tomada de decisão para o projetista e empresas da indústria da construção.

6.1 Compreender o objetivo e demanda por padronização das medidas

É imprescindível definir o objetivo para a padronização e seu foco, como, por exemplo, a redução de custos, atender aos requisitos normativos e de desempenho, entre outros.

Formas de identificar e compreender a demanda:

- a) Analisar grandes bases de projetos baseados em BIM por meio de algoritmos genéticos.
- b) Analisar comunalidade e interfaces de produtos em bases de dados por meio de técnicas estatísticas (*nested clusters*).

6.2 Analisar diversas fontes de dimensões

Para esse passo é necessário:

- a) Analisar a comunalidade das famílias que já existem.
- b) Definir regras sobre como essas dimensões, componentes, elementos e sistemas se conectam ou funcionam juntos.
- c) Analisar o processo produtivo dos componentes, elementos e sistemas: o conhecimento do processo permite a identificação de restrições, limitações e oportunidades de melhoria para a adoção de ferramentas de *design* paramétrico e/ou generativo, que facilite o projeto de produtos habitacionais.
- d) Analisar o processo construtivo ou de montagem: algumas particularidades do processo de logística, construção e/ou montagem dos componentes, elementos e sistemas construtivos podem trazer medidas e limites a serem considerados no planejamento estratégico e projeto do sistema de produção da obra. No caso de sistemas de construção modular poderiam ser consideradas, como exemplos, medidas de largura, profundidade e altura do módulo; peso e nível de acabamento em relação ao seu transporte, devido a restrições de dimensões do caminhão; largura permitida de carga na rodovia, entre outros, e processo de montagem em canteiro. Tais informações também viabilizam a adoção da coordenação modular ao fornecer *insights* de como o projetista pode utilizar a malha modular e os multimódulos que favoreçam a utilização racionalizada dos componentes, elementos e sistemas idealizados.

6.3 Estabelecer faixas de medidas (mínimas e máximas), considerando o diálogo com a coordenação modular

Devido ao vasto número de medidas a serem consideradas e conciliadas no projeto arquitetônico, é necessário estabelecer uma faixa de medidas, entre mínimas e máximas admitidas para cada

parâmetro, para facilitar o processo de projeto. O processo de projeto nesse contexto pode também beneficiar-se ao:

- a) Estabelecer as séries modulares mais adequadas aos produtos definidos em projeto, ou utilizar o processo contrário: a série numérica é que regula o espaço e vai definir os componentes modulares que podem ser aplicados.
- b) Utilização de parâmetros e regras para o *design* paramétrico: no caso da definição de parâmetros e regras, não apenas as dimensões limites são importantes, mas o diálogo de tais elementos com a coordenação modular. Por exemplo, a partir de um projeto 2D ou modelo 3D, trabalhar com a discretização decimétrica ou da série numérica 2M ou 3M para a padronização da unidade habitacional de acordo com os critérios de coordenação modular.

6.4 Criar ferramentas de suporte ao *design* e à tomada de decisão para o projetista e empresas da indústria da construção

O desenvolvimento de ferramentas como configuradores, para dar suporte à tomada de decisão dos arquitetos, engenheiros e clientes é essencial para facilitar a integração dos clientes no processo de desenvolvimento e, ao mesmo tempo, para reduzir o tempo de projeto e teste de inúmeras configurações possíveis. A maioria das ferramentas disponíveis não é facilmente utilizada pelos projetistas e não possibilita a integração com configuradores; no entanto, nos últimos anos vem surgindo alguns configuradores baseados em BIM e ferramentas de *design* gerativo. Algumas destas ferramentas poderiam ser mais úteis nas etapas iniciais e internas do processo de projeto, enquanto outras podem auxiliar o projetista no diálogo com seu cliente ou na especificação e configuração de um produto por meio de kits para construção.

7 Programas habitacionais e dimensões arquitetônicas mínimas para HIS

Ao longo das últimas décadas, nos projetos de habitação de interesse social, as soluções para unidades habitacionais têm se repetido com frequência, para reduzir custos de produção. Isso se reflete em um processo de miniaturização e padronização exacerbada dos projetos e reduz a gama de soluções disponíveis para os usuários finais. A padronização das dimensões arquitetônicas não isenta ou substitui a necessidade de considerar as diversas dimensões de desempenho associadas à habitação, como as dimensões funcionais, técnico-ambientais, sociais, e demandas, preferências e tendências de comportamento do usuário, entre outros. Historicamente, em grande parte da produção habitacional brasileira, ao se aumentar um ambiente se suprime ou se diminui a área de outro, enquanto seria necessário reconsiderar as demandas dos seus usuários e, muitas vezes, aumentar o tamanho da unidade. Portanto, a eficiência no processo de produção habitacional e a flexibilidade do produto são essenciais para a qualidade do ambiente construído, no intuito de evitar os problemas de miniaturização dos espaços.

A presente proposta de norma pretende propor a padronização de dimensões arquitetônicas para facilitar o processo de projeto, mas não busca restringir a gama de soluções arquitetônicas, focando a economia no tempo de projeto e compatibilidade dos espaços com a racionalização dos componentes, elementos e sistemas utilizados em sua execução, e melhores relações custo-benefício entre espaço e materialidade. No intuito de atingir tais benefícios, as dimensões sugeridas nesta norma devem ser coordenadas modularmente.

No contexto da HIS, a padronização das dimensões neste pode contribuir para atingir economias de escopo ou escala, assim como para a adoção de estratégias de customização em massa, nas

quais dimensões e ambientes padronizados podem ser combinados para configurar uma nova solução arquitetônica ou diversas variantes de produto.

7.1 Dimensões mínimas da unidade habitacional

As dimensões mínimas das unidades habitacionais são atualmente definidas pelos requisitos dos programas habitacionais em vigor. A definição de áreas mínimas contempla duas tipologias principais de unidades habitacionais:

- casas térreas de 2 dormitórios, com 36,00 m² e área de serviço externa, e
- apartamentos ou casas sobrepostas, com 39,00 m².

Tais metragens mínimas similares refletem o programa mínimo de 1 cozinha, 1 estar e jantar, 1 banheiro, 2 dormitórios e 1 área de serviço.

Para ampliar as possibilidades de portfólio de produtos habitacionais, sugere-se que outras tipologias habitacionais tenham dimensões mínimas definidas de acordo com a demanda de mercado e outros critérios de desempenho e habitabilidade. Em relação à demanda de mercado, a diversidade de requisitos atual é caracterizada pela combinação de fatores sociodemográficos e diferentes tendências, que devem ser consideradas no projeto dos produtos habitacionais. Por exemplo, a complexidade das estruturas familiares coexistentes na sociedade, com diversos tipos de estrutura familiar e número de pessoas, provocam uma reflexão acerca de como o ambiente construído pode contemplar as necessidades de cada grupo familiar.

O Quadro 1 mostra as dimensões mínimas sugeridas pela literatura, normativa brasileira e códigos de obras de alguns municípios brasileiros. Esta pode servir como base para o desenvolvimento de novos projetos habitacionais. Além disso, o quadro ilustra o quanto complexa seria a padronização de dimensões neste contexto. Verifica-se, ainda, que a proposta atual encontrada na literatura é a de projetar os espaços a partir de dimensões de mobiliário mínimo, e não com dimensões dos ambientes.

Quadro 1 - resumo de áreas mínimas sugeridas na literatura, em normativa brasileira e códigos de obra

Fonte	1 dormitório até 2 pessoas (m ²)	2 dormitórios até 4 pessoas (m ²)	3 dormitórios até 6 pessoas (m ²)	Área mínima dormitórios (m ²)	Área mínima sala (m ²)	Área mínima cozinha (m ²)	Área mínima banheiro (m ²)	Área mínima área de serviço (m ²)
IPT	35,00	43,00	51,00	9,00; 8,00	12,00	10,00	2,50	1,50
LNEC	38,00	47,00	56,00	10,50; 9,00	12,00	8,50	3,50	3,50
Neufert	29,94	47,94	65,94	10,00; 18,00	10,97	6,45	2,52	-
Reis e Lay	35,00	43,00	50,00	9,50; 8,00; 7,00	10,00	8,00	2,50	5,00
Portaria Casa Verde e Amarela	-	36,00 * 39,00 **	-	***	***	*** Largura mínima 1,80 m	*** Largura mínima 1,50 m	Casas de 36,00 m ² : área de serviço externa;

								casas de 38,00 m ² : área de serviço interna
NBR 15575	***	***	***	***	***	***	***	***
Código de obras de Porto Alegre	20,00 (JK) 25,00 (1 dorm)	32,00	39,00	7,00	-	-	-	-
Código de obras de Curitiba	-	-	-	Art 159: todos os compartimentos deverão ter forma e dimensões adequados à sua função ou atividade pretendida e obedecerem ao disposto em legislação específica				
Código de obras de São Paulo	-	-	-	5,00	5,00 (estar)	-	2,00	-
Código de obras de Belo Horizonte	24,00	-	-	***	12,00	-	-	-
Código de obras de Salvador				Os compartimentos da edificação deverão ter dimensões e forma e dispor de iluminação e ventilação adequadas à função a que se destinam, proporcionando condições de higiene e salubridade condizentes com essa função.				
Código de obras de Palmas	24,60	-	-	7,80	8,00	5,00	2,00	1,80
Código de obras de Fortaleza				Os compartimentos e ambientes deverão ser posicionados na edificação de forma a garantir conforto ambiental e salubridade, obtidos pelo adequado dimensionamento do espaço e correto emprego dos materiais e da tecnologia das instalações e equipamentos. Os dimensionamentos dos compartimentos e ambientes são de obrigação dos responsáveis técnicos pelos projetos e execução da obra, bem como a construtora e incorporadora responsável pela construção da edificação.				

* casa térrea com área de serviço externa

** casas sobrepostas ou apartamento

*** de acordo com dimensões mínimas de mobiliário e circulação

7.2 Ambientes internos

Em documentos normativos atuais, poucas dimensões internas de ambientes são detalhadas. Seguindo a abordagem de desempenho das edificações, tanto na NBR 15575 quanto na portaria do programa Casa Verde e Amarela, as dimensões básicas de cada ambiente são configuradas pela sua capacidade de abrigar um mobiliário mínimo. O mobiliário mínimo, mesmo sendo restritivo, possibilita diferentes configurações de layout, trazendo soluções geométricas diferentes quando aliadas ainda aos demais requisitos de projeto, permitindo maior liberdade aos projetistas durante o processo de projeto.

Principalmente quando se trata de ambientes de ampla permanência como estar e jantar, e dormitórios, sugere-se que tal flexibilidade para definição de dimensões seja mantida, para que os projetistas tenham a liberdade de propor diferentes soluções arquitetônicas, que respondam às diferentes demandas dos usuários, conforme sua formação familiar e necessidades de uso. A

bibliografia estudada, conforme Quadro 1, mostra uma variação de dimensões mínimas para dormitórios, por exemplo, variando de 7,00 m² a 18,00 m², possibilitando várias opções de *layout* e número de usuários para o ambiente, dependendo da referência bibliográfica.

Os ambientes de baixa permanência e principalmente áreas úmidas, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço, possuem algumas indicações quanto às suas dimensões mínimas. Utilizando como exemplo os banheiros, a variação da área, quando explicitada, vai de 2,50 a 3,50 m², e ainda pode ser necessária a consideração de que o banheiro seja acessível. No sentido de fomentar a industrialização por meio da padronização e utilização de kits para construção, vislumbra-se que as paredes ou eixos hidráulicos poderiam oferecer oportunidades de racionalização e aumento de produtividade. No caso de edificações coordenadas modularmente, independente do multimódulo do componente, elemento ou sistema, os kits de construção podem ser projetados considerando sua inserção em qualquer uma das séries numéricas.

7.3 Ambientes externos

Na portaria do programa Casa Verde e Amarela para a área de serviço, por exemplo, é discriminado o número mínimo de itens, a saber: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,64 m), de tal forma que haja espaço e garantia de acesso frontal para ambos (tanque e máquina). Dessa forma, não há a definição de uma área mínima. No entanto, considerando a diferença entre uma unidade habitacional em que a área de serviço é interna e em outra que é externa, a diferença entre as áreas é de 2,00 m², o que poderia ser o indicativo de que esta seria a área mínima da área de serviço externa.

O número e dimensão mínima das vagas de garagem são especificadas de acordo com a legislação municipal, como o código de obras.

7.4 Alturas das unidades habitacionais

As alturas de pé-direito mínimo das unidades habitacionais geralmente são especificadas de acordo com a legislação municipal, como o código de obras, e pelas portarias de requisitos dos programas habitacionais, conforme a recomendação mais restritiva (Figura 1). Por exemplo, Na NBR 15575 o pé-direito é de 2,50 m e mínimo de 2,30 m para corredores, vestíbulos, depósitos e instalações sanitárias. Ao considerar-se que esta medida será coordenada modularmente com o restante do projeto de habitação de interesse social, como, por exemplo, no uso de tecnologias mais tradicionais de construção, sugere-se a adoção da sequência de multimódulos da série 2M para facilitar a elaboração do projeto de paginação. Outro exemplo, caso o componente modular, elemento ou sistema seja da série 3M, será este o multimódulo a ser utilizado.

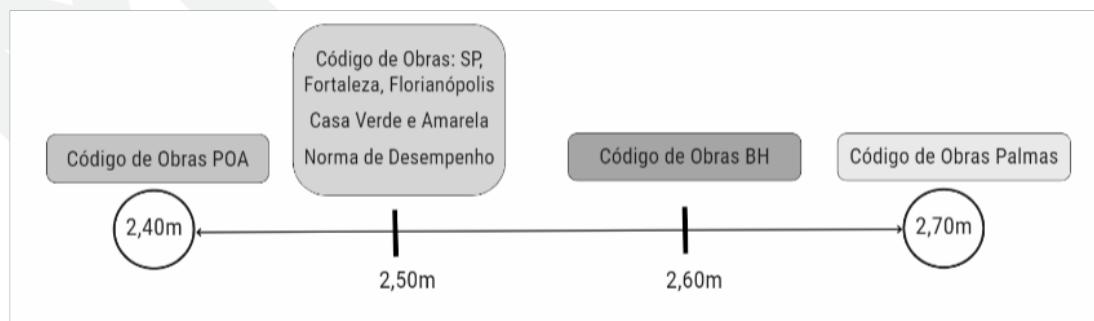


Figura 1 - Alturas de pé-direito de diferentes fontes

Outras alturas poderiam ser objeto de padronização na habitação de interesse social para racionalizar questões de projeto e produção. Muitas destas estão relacionadas aos equipamentos

hidrossanitários, elétricos, entre outros, com dimensões usuais possíveis de serem coordenadas modularmente. Por exemplo: bacia sanitária 4M, pia de banheiro 8M, chuveiro 21M, pia de cozinha 8M a 9M, entre outros.

7.5 Acessibilidade

Muitas questões associadas às dimensões mínimas estão contempladas no conteúdo da norma de acessibilidade NBR 9050 (ABNT, 2020), sendo requisitos para portarias de programas habitacionais.

7.6 Ampliação e flexibilidade

É necessário prever alternativas possíveis de ampliação da unidade habitacional sem prejuízos à funcionalidade, iluminação e ventilação. Na portaria do programa Casa Verde e Amarela para as casas térreas deverá ser prevista ao menos uma opção de ampliação da unidade habitacional sem prejuízo das condições de iluminação e ventilação natural dos cômodos pré-existentes. Sugere-se que esta opção de ampliação possa ser realizada com o uso de tecnologias secas ou de construção modular, que são mais flexíveis, assim como a adoção da coordenação modular, compatibilizada com o restante do projeto.

Neste contexto, a adoção de estratégias de customização em massa e plataformas pode reduzir os custos de alteração e aumentar a flexibilidade e adaptabilidade das unidades habitacionais, facilitando as futuras ampliações e modificações. Poderiam ser desenvolvidas famílias de produtos, já com as previsões de variantes e suas possíveis adaptações. Por exemplo, poderiam ser propostas uma gama de plataformas adequadas às demandas recorrentes de diferentes estruturas familiares de usuários finais, que pudessem ser adaptadas com facilidade tanto em relação às divisões internas de espaços, quanto à adição de novos ambientes de acordo com a evolução das necessidades ao longo do ciclo de vida da família e do produto habitacional.

7.7 Outros requisitos para unidades habitacionais

É importante destacar que os documentos normativos trazem uma série de outros requisitos para ambientes habitacionais, além da delimitação de algumas áreas mínimas e dimensões padronizadas. Dentre estes outros requisitos elencam-se estratégias de conforto ambiental e desempenho, instalações mínimas hidrossanitárias, elétricas e de comunicações, painéis solares, escolha adequada de paredes externas e coberturas, disposição e dimensionamento das aberturas, ventilação cruzada. Estes requisitos demonstram a relevância de conciliar a padronização das dimensões arquitetônicas com os requisitos de outras naturezas, para se alcançar soluções de projeto com um bom desempenho, habitabilidade e que satisfaçam as necessidades dos usuários finais.

8 Projeto de habitação de interesse social coordenado modularmente

Conforme discutido na proposta de revisão da norma de coordenação modular, algumas diretrizes de projeto podem ser adotadas para aumentar a racionalização e produtividade na construção civil. As diretrizes estabelecidas pela proposta de revisão da NBR 15873 - Coordenação modular para edificações - são:

- estabelecer a lógica de projeto, a definição dos sistemas e a revisão da normativa;
- definir a malha modular;
- definir o posicionamento dos produtos construtivos em relação à malha modular;

- d) desenvolver o projeto de paginação;
- e) gerenciar ou revisar interfaces do sistema e entre sistemas.

A adoção de tais diretrizes poderia beneficiar-se da padronização das dimensões arquitetônicas devido ao uso de componentes, elementos e sistemas com dimensões preferíveis desde o desenvolvimento de produtos, assim como da industrialização aberta, incentivada pela definição e uso de plataformas, entre outros. Além disso, a definição de dimensões padronizadas dos ambientes e espaços na HIS, sendo baseada em dimensões preferíveis (conforme ABNT 15873:2010), relacionadas às séries modulares, pode incentivar a adoção da coordenação modular em tais edificações.

9 Ferramentas de suporte ao *design* e tomada de decisão

As plataformas na construção civil não ocorrem apenas na ordem de seus componentes, elementos e sistemas físicos, mas também em termos de processos e conhecimento, conforme mencionado anteriormente. A adoção do BIM vem se consolidando ao longo dos últimos anos, e há avanços significativos no que se refere a ferramentas para facilitar o processo de projeto que vêm sendo apresentadas, como a modelagem paramétrica e os softwares para projetos generativos. O uso de tais ferramentas e a vantagem competitiva gerada são apenas possíveis pela padronização de parte dos produtos e processos. A padronização das dimensões arquitetônicas de espaços, componentes, elementos e sistemas pode contribuir para o desenvolvimento de objetos paramétricos, mais especificamente na definição de suas regras e restrições, assim como na definição de famílias de objetos BIM e bibliotecas.

As ferramentas baseadas em BIM podem ser utilizadas para criar objetos paramétricos (ou parametrizados) que contenham as restrições de projeto e informações de fabricação, de acordo com elementos padronizados da plataforma. A combinação de ferramentas baseadas em BIM e configuradores viabiliza a criação de listas e quantitativos de suprimentos, projeto de fabricação e especificações dos componentes, elementos e sistemas.

As ferramentas para projetos generativos permitem que os projetistas forneçam parâmetros limitantes em termos de terreno e legislação, e geram alternativas hipotéticas de projeto e *layout* que potencializam o aproveitamento espacial, de iluminação natural e de eficiência energética, por exemplo. Tais avanços na digitalização também podem facilitar o processo de industrialização dos componentes, elementos e sistemas, por meio de ferramentas avançadas para modelagem paramétrica que se conectem com sistemas de fabricação e montagem das partes da edificação.

Outro uso para as ferramentas digitais é o envolvimento de agentes não técnicos no processo de projeto, gerando plataformas digitais para a integração dos envolvidos no projeto, como, por exemplo, a utilização de configuradores. Para os projetistas, os configuradores podem oferecer suporte em diferentes etapas do processo de projeto, desde a interação com seus clientes até a configuração de uma solução baseada na combinação de kits para construção, conforme aprofundado na Parte 3 desta proposta de norma, seção 9. Além disso, os configuradores podem ser importantes fontes de informação para refinar a definição das famílias de produtos e de plataformas, uma vez que captam as necessidades dos clientes, e podem prover estimativas de demanda. Tais informações podem ser utilizadas como métricas para aumentar ou reduzir a variedade dos produtos, definindo o que deve ou não ser padronizado.

Plataformas para habitação de interesse social: padronização das dimensões arquitetônicas e produção industrializada de kits de construção

Parte 3: Produção industrializada de kits para construção

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. As normas brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos comitês brasileiros (ABNT/CB), dos organismos de normalização setorial (ABNT/ONS) e das comissões de estudo especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por comissões de estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os documentos técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama à atenção a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR xxxxx foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Coordenação Modular para Edificações (CE-02:138.15). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº xx, de xx.xx.xxxx a xx.xx.xxxx, com o número de Projeto xx:xxx.xx-xxx.

O escopo desta proposta de norma brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This standard proposal encompasses the requirements for the development and production of construction kits, aiming at industrialization and incentivizing modular coordination. It deals with specific concepts related to the theme in the construction industry, establishes requirements and proposes a classification of the types of kits-of-parts that can be found in the industry. In addition, it establishes basic guidelines for the definition of kits and their interaction with BIM, configurators and modular coordination.

Introdução

Esta Norma estabelece os requisitos para produção industrializada de kits para construção. Esta visa incentivar a industrialização da construção no contexto da habitação de interesse social (HIS). O desenvolvimento do kit para construção envolve a organização de uma série de produtos individuais que se complementam em um formato de conjuntos de componentes padronizados para edifícios, dimensionados de maneira a facilitar o manuseio e a instalação, considerando, também, aspectos de logística de transporte e armazenamento.

Assim como a padronização das dimensões arquitetônicas, a utilização dos kits para construção pode ocorrer em diversos níveis. Os kits para construção representam as plataformas de forma física em componentes que se repetem em linhas ou famílias de produtos. Estes podem ter diferentes escalas, desde conexões até módulos volumétricos para construção.

Na construção industrializada, a customização em massa pode ser adotada como uma estratégia que permite flexibilidade de projeto em um ambiente de produção em escala, ao possibilitar a combinação de kits e módulos customizáveis. A implementação eficaz da customização em massa permitiria uma flexibilidade de *design* que se alinha tanto com as preferências dos clientes quanto com as capacidades e os recursos dos fabricantes.

Ressalta-se que a presente Norma pode ser objeto de citação em regulamentos técnicos, códigos de edificações, certificações, financiamentos, licitações, pregões, normas técnicas de componentes, elementos e sistemas, assim como em demais documentos e atividades que façam referências a produtos e projetos de edificações.

1 Escopo

Esta proposta de norma engloba os requisitos para o desenvolvimento e produção de kits para construção, visando a industrialização e incentivo à coordenação modular. Trata dos conceitos específicos relacionados ao tema na indústria da construção, estabelece requisitos e propõe uma classificação dos tipos de kits para construção que podem ser encontrados na indústria. Além disso, estabelece diretrizes básicas para a definição de kits e sua interação com BIM, configuradores e coordenação modular.

2 Referência normativa

ABNT NBR 15873:2010 - Coordenação modular para edificações

ABNT NBR 6492:2021 - Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos - Requisitos

GB/T 50002:2013 - Standard for modular coordination of building

ISO 8560:2019 - Building construction - Modular coordination - Technical drawings - Construction drawings - Representation of modular sizes, lines and grids

ISO 21723:2019 - Buildings and civil engineering works - Modular coordination - Module

ISO 2848:1984 - Building construction - Modular coordination - Principles and rules

3 Termos e definições

3.1 chassi

estrutura que recebe demais componentes, elementos e sistemas. Elemento estrutural tridimensional, que possibilita a conexão de módulos e partes

3.2 edificação híbrida ou sistema construtivo híbrido

edificação ou sistema construtivo compostos por elementos e componentes com diferentes níveis de industrialização

3.3 modelagem digital

processo de representação de qualquer objeto a partir de softwares que utilizam recursos matemáticos para retratar as diversas formas geométricas, das mais simples às mais complexas. Ferramenta para estabelecer as bases para automações de projeto, fabricação e utilização de um produto ou processo

3.4 módulo volumétrico ou 3D

pré-fabricação completa de unidades volumétricas a serem levadas ao canteiro e içadas para sua locação em obra

3.5 painelizado ou 2D

pré-fabricação de elementos maiores a serem empilhados para transporte e montagem no canteiro de obras. Envolve a divisão do comprimento da parede em painéis, com larguras de painel geralmente controladas pela largura de caminhão, para evitar a necessidade de licenças especiais de transporte

3.6 POD

bloco volumétrico autoportante, industrializado, com função específica na edificação. São unidades espaciais industrializadas transportadas para o canteiro de obras a serem conectadas em outros elementos construtivos

3.7 pré-fabricado

componente, elemento ou sistema fabricado em ambiente industrial, instalações temporárias no canteiro ou instalações permanentes de empresa destinada a este fim e que atende aos requisitos mínimos de mão-de-obra qualificada e com procedimentos e instalações específicas para controle de qualidade. Podem apresentar diferentes níveis de agregação

3.8 pré-moldado

componente, elemento, ou sistema executado fora do local de uso definitivo, muitas vezes dentro do canteiro de obras, que dispensa laboratórios e instalações específicas para o controle de qualidade

3.9 produção industrializada

componente, elemento ou sistema executado em ambiente industrial com uso de estratégias de simplificação da produção que visam incremento de produtividade, qualidade e escala. Envolve não apenas implementação de inovações tecnológicas e métodos de trabalho especializados, mas também organizacionais e de gestão

3.10 sistema construtivo industrializado

sistema construtivo produzido predominantemente em ambiente industrial, é composto por um conjunto de componentes e elementos produzidos nesse ambiente, integrados por regras coordenadas aplicáveis a uma variedade de edificações para diferentes locais, conferindo ganho

de escala e simplificação na produção de seus componentes, transportados para o canteiro de obras para montagem

4 Objetivos

A produção de kits de construção para habitação de interesse social tem por objetivos:

- a) incentivar a industrialização da construção;
- b) incentivar a racionalização da construção e utilização de recursos ao longo do seu ciclo de vida;
- c) fomentar a sustentabilidade do processo produtivo com a diminuição do desperdício de materiais e por meio da possibilidade de reutilização dos kits ao longo do seu ciclo de vida;
- d) incentivar a industrialização aberta por meio do uso da coordenação modular na concepção das famílias de produtos e suas interfaces;
- e) intercambiabilidade, podendo assumir diferentes posições na composição espacial arquitetônica de uma mesma obra;
- f) promover a flexibilidade de produtos e a adoção de customização em massa em projetos habitacionais de interesse social, no intuito de atender às necessidades dos diversos clientes e, ao mesmo tempo, manter a economia de escala;
- g) reduzir o tempo de produção e entrega, além de contribuir para a geração de economia de escala;
- h) aumentar a adaptabilidade dos componentes, elementos e sistemas da construção.

5 Definição de *kit-of-parts* para construção de habitação de interesse social

O conceito de kits para construção estabelecido por esta Norma emerge do conceito de *kit-of-parts* da indústria de bens de consumo. É o conjunto de componentes projetados, desenvolvidos e pré-fabricados para serem montados facilmente de formas variadas, observadas certas restrições, os quais compõem o edifício acabado ou são partes de uma plataforma. Os kits para construção também podem ser caracterizados como modelos digitais pré-projetados que representam componentes prontos para fabricação. Ao materializar o conceito de plataformas, os kits são utilizados em diversos produtos por sua comunalidade de características, funcionalidades ou linha de produção.

Os kits para construção podem ser compostos por peças individuais (por exemplo, vigas que se repetem) ou um conjunto pré-designado composto por outros componentes (por exemplo, os componentes hidráulicos de um banheiro). Uma abordagem baseada na utilização de kits para construção tem como finalidade contribuir para o processo de industrialização da construção de habitações de interesse social, visando a padronização de componentes, elementos e interfaces que se repetem. Estes caracterizam-se pela adoção de estratégias de produção em massa, processos antecipados e elaborados, e baixa geração de resíduos de montagem.

A utilização de kits para construção busca congregar eficiência construtiva por meio:

- a) de interfaces bem resolvidas entre diferentes componentes, elementos e sistemas;

- b) da produção em escala de produtos com níveis de desempenho pré-estabelecidos;
- c) do incentivo à redução do desperdício devido à redução de incongruências de compatibilização entre componentes, elementos ou sistemas, juntamente com o incremento da capacidade de reutilização dos kits em diferentes cenários;
- d) da redução de custos, prazos de entrega da obra e emissões de carbono ao longo do ciclo de vida da edificação;
- e) do aumento de produtividade, da concepção do projeto à montagem das partes.

6 Requisitos de kits para construção de HIS

O kit, como conjunto de produtos que compõem ou formam sistemas, apresenta algumas características que o diferenciam do conceito de produto pré-fabricado apenas. A premissa fundamental aos kits é que esses possam ser montados e desmontados repetidamente de acordo com a necessidade. Quando um projeto leva em consideração não apenas o processo de montagem e desmontagem, mas também os cenários de reconfiguração adequados, o potencial de reutilização dos kits é mais alto. Assim, os kits para construção devem apresentar os seguintes requisitos:

- a) reutilização dentro de uma série de produtos da construção;
- b) flexibilidade para uma série de soluções de design e sistemas;
- c) integração com outros kits e processos;
- d) informação estruturada para múltiplos projetos;
- e) conexões padronizadas;
- f) baixa geração de resíduos (preocupação com a sustentabilidade e ciclo de vida);
- g) regras claras para montagem sistemática, baseada em incrementos.

Ao se projetar um kit para construção, o dimensionamento e detalhamento de todas as peças, bem como o projeto dos *layouts* da estrutura, podem ser regidos por requisitos de reutilização. As peças se ajustam à geometria de diferentes *layouts* e as conexões permitem diversos padrões de montagem. Paralelamente, deve-se considerar a montagem e desmontagem, bem como o manuseio e envio de todas as peças para que o kit possa ser reutilizado em uma nova edificação. Ao se pensar em juntas flexíveis e removíveis, é possível excluir e adicionar componentes sem danificar os elementos de conexão. Assim, a estrutura pode ser desmontada e remontada em outro lugar de acordo com a necessidade.

Em estruturas temporárias podem ser reutilizados o mesmo conjunto de componentes para uma ampla gama de cenários, permitindo fabricar um número menor de peças, reduzindo assim a entrada total de material.

7 Classificação de kits de construção

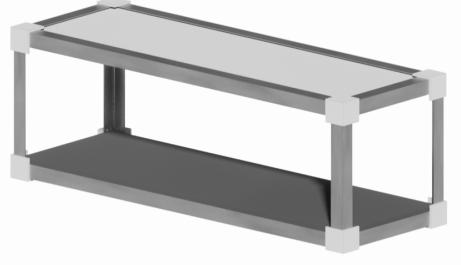
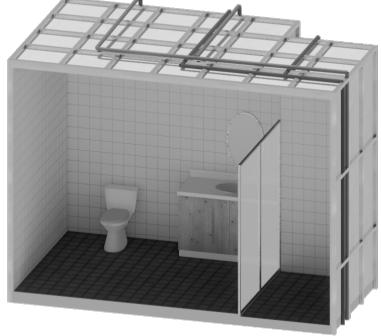
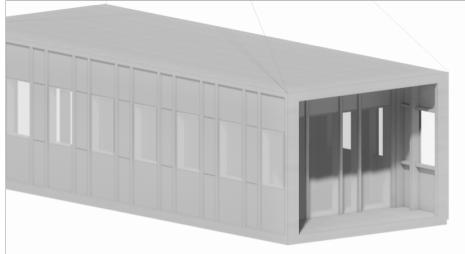
Os kits para construção podem ser produtos ou família de produtos:

- a) **Baseados em juntas:** os conectores são claramente definidos e podem ser projetados para fácil montagem e desmontagem.
- b) **Baseados em linearidade:** a parte linear se sobressai, como, por exemplo, vigas pré-fabricadas.
- c) **Baseados em painéis:** os painéis se sobressaem, naturalmente mais volumosos, mas em menor número do que os sistemas baseados em juntas.
- d) **Baseados em módulos:** os módulos são porções ou blocos inteiros montados antecipadamente e colocados no local.

O Quadro 1 exemplifica a escalabilidade de produtos e famílias de produtos que podem ser conformados por kits de componentes em menor escala ou por sistemas completos, materializando assim diversos níveis de kits para a definição de uma plataforma. Tais níveis de escalabilidade podem ser combinados em projetos conformando edificações hibridas, que incorporam diferentes níveis de industrialização em componentes, elementos e sistemas ou produtos da construção civil.

Quadro 1 - níveis de escalabilidade de kits

KIT PARA CONSTRUÇÃO	Conjunto de componentes e elementos desenvolvidos, projetados e pré-fabricados para serem facilmente montados na obra.	Kits hidráulicos, tubulação de ar condicionado	
JUNTAS E LINEARES	Pré-fabricação de elementos lineares e/ou de conexão, que facilitem a montagem e desmontagem dos elementos no canteiro de obras.	Conexão Seismic I	
PAINÉIS	Pré-fabricação de elementos maiores a serem empilhados para transporte e montagem no canteiro de obras.	Painéis de fachada	

CHASSI	Elemento estrutural tridimensional, que possibilita a conexão de módulos.	Estrutura metálica	
PODS	Bloco volumétrico autoportante, industrializado, com função específica na edificação. São unidades espaciais industrializadas transportadas para o canteiro de obras a serem conectadas em outros elementos construtivos.	Banheiros, office pod	
MODULAR VOLUMÉTRICO	Pré-fabricação completa de unidades volumétricas a serem levadas ao canteiro e içadas para sua locação em obra.	Containers	

8 Diretrizes para desenvolvimento de kits para construção e suas interfaces

As diretrizes para desenvolvimento de kits para construção incluem:

- verificação de normativas vigentes;
- aplicação da coordenação modular;
- mapeamento de interfaces;
- processo de *design* do kit;
- criação de fluxogramas de processos de montagem em canteiro e fora do canteiro;
- definição dos graus de liberdade do kit;
- modelagem em BIM dos produtos;
- avaliação de desempenho e de custos;
- definição da especificação do kit.

8.1 Verificação de normativas vigentes

Determinar sistemas e revisar normativas e códigos vigentes aplicáveis.

8.2 Aplicação da coordenação modular

Observar diretrizes para projetos e produtos coordenados modularmente de acordo com a proposta de revisão da norma NBR 15873 (ABNT, 2010), uma vez que a coordenação modular é considerada um dos pilares para a industrialização da construção. A metodologia permite o uso dos kits com maior facilidade em projetos de volume de construção, como é o caso da habitação de interesse social.

8.3 Mapeamento de interfaces

Interfaces entre componentes e entre componentes, elementos e sistemas podem ser definidas funcional e fisicamente para posterior desenvolvimento no processo de *design*. Conforme mencionado anteriormente, é essencial que as interfaces sejam padronizadas tanto entre kits, mas também para a conexão com as demais partes da edificação. É importante observar a sinergia entre a produção industrializada de kits e a aplicação dos princípios da coordenação modular, que incentiva a comunalidade e a intercambiabilidade, permitindo uma facilitação de soluções para interfaces.

8.4 Processo de *design* do kit para construção

Desenhos e esquemas são criados para descrever o produto e suas interfaces. Nesta etapa define-se, também, a conectividade entre os componentes do kit e componentes de outros sistemas construtivos e as soluções para tolerâncias e juntas modulares.

8.5 Criação de fluxogramas de processos de montagem em canteiro e fora do canteiro

Definição de níveis de complexidade de um produto ou família de produtos para determinar a complexidade de seu processo. Qualquer modificação para simplificar a produção deve ser discutida com as partes interessadas. A utilização do check list para produtos construtivos presente na proposta de revisão da norma NBR 15873 (ABNT, 2010) pode servir como ferramenta guia para otimização de propostas de melhorias.

8.6 Definição dos graus de liberdade do *kit-of-parts*

Graus de liberdade, neste contexto, descrevem modificações no *design* que permitem a possibilidade de atualizações ou alterações no kit, sem um redesenho completo. Processo que envolve comparar ganhos de curto prazo e ganhos de longo prazo. Graus de liberdade devem ser incorporados ao projeto se os benefícios forem verificados. Estas definições estão relacionadas com as definições internas do produto em relação aos seus níveis de padronização e customização, e PDPC.

8.7 Modelagem em BIM dos produtos

Criação de uma biblioteca em BIM com os produtos e famílias de produtos que compõem os kits. Considera-se que o uso de bibliotecas BIM guiando o processo de projeto, produção e utilização dos kits tanto por parte da indústria como por parte dos projetistas facilita a intercambiabilidade de soluções promovendo uma industrialização mais aberta da construção.

8.8 Avaliação de desempenho e de custo (avaliar necessidade de melhorias)

A avaliação de desempenho e custo pode ser configurada no início e com revisões ao longo do processo para entender os benefícios das melhorias realizadas. Uma avaliação pode ser proposta usando um modelo de verificação, como modelagem de custos ou modelagem de produtos e processos. Ressalta-se que a partir da modelagem de produtos e processos, uma série de

características do produto podem ser extraídas de um kit e propagadas desde o estágio de projeto até o estágio de execução (características funcionais e de desempenho térmico, acústico, ventilação etc).

8.9 Definição da especificação do kit

As informações que foram geradas no desenvolvimento do kit devem ser registradas em um documento de especificação, que incluirá:

- a) fluxogramas e instruções de produção;
- b) fluxogramas de montagem;
- c) especificação de interfaces;
- d) desenhos e esquemas;
- e) lista de materiais;
- f) indicação de níveis de desempenho;
- g) requisitos de manutenibilidade de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021);
- h) etiquetagem para produtos construtivos coordenados modularmente de acordo com a proposta de revisão da norma NBR 15873 (ABNT, 2010).

A coordenação modular está presente na produção de kits como um instrumento de projeto, organização e sistematização. A coordenação e precisão dimensional são significantes na etapa de montagem das partes do produto, a fim de facilitar a união dos subsistemas e componentes de construção. Assim, estando o kit em conformidade com os requisitos da proposta de revisão da norma 15873, é recomendada a etiquetagem do produto contendo as especificações de série modular (2M e 3M), opções de combinabilidade do kit com componentes adjacentes, tipo de interface indicada e dimensão da união/interface para que seja mantida a modulação indicada.

9 Uso de configuradores baseados em BIM para o projeto utilizando kits para construção

A customização em massa é uma estratégia de negócios a qual reflete no modo de fabricação, permitindo flexibilidade de projeto em um ambiente de produção em massa. Portanto, a padronização e a pré-fabricação de produtos e famílias de produtos, como os kits, apoiam a customização em massa na indústria da construção. A implementação destes conceitos busca atingir uma flexibilidade de *design* que se alinha tanto com as preferências dos clientes quanto com os recursos dos fabricantes.

Uma ferramenta para apoiar a customização em massa na construção industrializada é o desenvolvimento e uso de configuradores de produtos. Um configurador é definido como um sistema de apoio à decisão para combinar os *kits-of-parts* em módulos eficientes para produção sob regras pré-definidas, permitindo a geração rápida de configurações de produtos para atender às necessidades e requisitos dos usuários finais (Figura 1). Para se alcançar a customização em massa, os configuradores funcionam como tecnologias de informação e comunicação facilitadoras no fornecimento de variedades de produtos. Os tipos de configuradores estão detalhados na parte 1, seção 7.

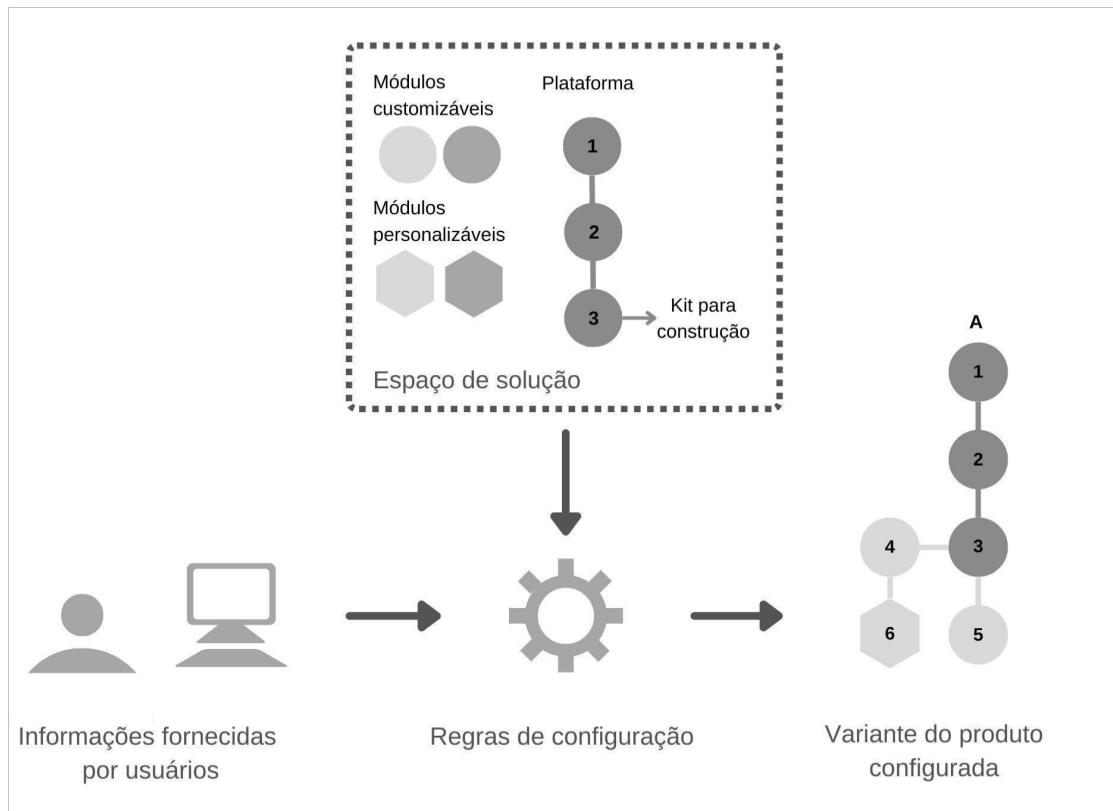


Figura 1 - configuradores

É importante ressaltar que a industrialização da construção requer considerações e integrações de fabricação e montagem pensadas ainda durante a etapa de concepção e planejamento do projeto. Nesse contexto, os kits para construção podem ser modelados digitalmente para representar os componentes que vão para produção e servem de base para os configuradores. Os modelos utilizados nos configuradores apresentam as regras e restrições de cada etapa, desde a fabricação até atividades de planejamento e projeto.

A maioria dos projetos construídos por meio da modelagem digital em ferramentas BIM não se beneficiam da possibilidade de trabalhar kits bem estabelecidos refinados por projetos anteriores. Assim, nesse novo cenário proposto, o BIM passaria a apoiar o processo colaborativo entre diferentes partes interessadas, incluindo planejadores, arquitetos, engenheiros e empreiteiros.

Ainda na etapa de projeto, a flexibilização das opções de montagem dos componentes, elementos e sistemas, por meio do desenvolvimento de bibliotecas de kits para construção para utilização em plataformas BIM, abre possibilidade de expansão de uso, facilitando a interoperabilidade entre produtos e a utilização destes em uma ampla variedade de projetos, como, por exemplo, para projetos de HIS. Ressalta-se que a possibilidade de flexibilização de um kit para construção pode abranger critérios importantes às múltiplas necessidades individuais de cada projetista ou edificação, como é o caso de habitações que atendem requisitos de acessibilidade.

É importante que a tipologia do configurador escolhido suporte a fase de planejamento e concepção do projeto, gerando modelos BIM que representam o ponto de partida sobre o qual *designers* e engenheiros podem fazer desenvolvimentos adicionais, como análise de engenharia do produto.

A etapa de planejamento do arranjo ideal dos componentes é facilitada por meio da adoção das diretrizes de mapeamento das interfaces e de soluções para juntas e tolerâncias, especialmente

se há coordenação modular no processo de projeto. Assim, o configurador torna-se uma ferramenta de auxílio da aplicação dos princípios da coordenação modular, onde o módulo M = 100 mm (10 cm) é o padrão dimensional do design do produto aplicado ao projeto. O planejamento é dividido em duas fases principais:

- acoplamento: colocar os componentes em um alinhamento aproximado um com o outro;
- união: fixar ou prender os componentes juntos.

Por meio de um planejamento de arranjo ideal dos componentes nos configuradores e do processo de montagem, é possível reduzir os efeitos de desvios geométricos entre interfaces nos kits. Ao planejar um arranjo ideal de componentes intercambiáveis, o retrabalho e o desperdício podem ser reduzidos, melhorando a produtividade e diminuindo o tempo de montagem e manuseio do material.