

MODELO PARA ADOÇÃO DE PLATAFORMAS NA CONSTRUÇÃO

Model for Implementing Platforms in Construction

Cynthia dos Santos Hentschke

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | cynthiahentschke@gmail.com

Alexandra Staudt Follmann Baldauf

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | ale.baldauf@gmail.com

Aline Zini

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | azini.eng@gmail.com

Daniela Dietz Viana

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | dietz.viana@ufrgs.br

Dóris Zechmeister Bragança Weinmann

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | doris.zechmeister@ufrgs.br

RESUMO

A baixa produtividade e os altos custos da construção civil brasileira evidenciam a necessidade de inovações que promovam maior eficiência e previsibilidade. Neste contexto, a industrialização e a adoção de plataformas de produto emergem como estratégias promissoras. Este artigo apresenta um modelo para implementação de plataformas de produto desenvolvido no âmbito do Projeto Construa Brasil, no intuito de apoiar empresas do setor na estruturação de sistemas construtivos industrializados e coordenados modularmente. O modelo é constituído por categorias de decisão relacionadas com a definição estratégica, contemplando o posicionamento de mercado, até a configuração de componentes e módulos, permitindo o equilíbrio entre padronização e customização. A pesquisa foi conduzida sob a abordagem *Design Science Research* (DSR) para construir e testar um modelo na sua aplicação em uma empresa nacional com experiência em construção modular industrializada. O estudo de caso evidencia como o uso de plataformas permite ganhos em escala, redução de variabilidade e maior previsibilidade no processo produtivo, ao mesmo tempo em que preserva a flexibilidade para atender diferentes nichos de mercado. Os resultados reforçam o papel das plataformas como vetor para a industrialização da construção, oferecendo diretrizes práticas para sua implementação. A contribuição deste trabalho reside na proposição de um modelo aplicável à realidade da construção civil brasileira, alinhado às diretrizes de inovação e produtividade do setor.

Palavras-chave: Industrialização aberta. Plataforma de produto. Construção modular.

ABSTRACT

Low productivity and high costs in the Brazilian construction industry highlight the need for innovations that enhance efficiency and predictability. In this context, industrialization and the adoption of product platforms emerge as promising strategies. This paper presents a model for implementing product platforms developed as part of the Construa Brasil Project, to support companies in structuring industrialized and modularly coordinated construction systems. The model is composed of decision categories related to strategic decisions, such as market positioning, to the configuration of components and modules, enabling a balance between standardization and customization. The research follows a Design Science Research (DSR) approach for building and testing the model on its application in a national company experienced in modular industrialized construction. The case study demonstrates how platform adoption enables scale gains, variability reduction, and greater predictability in the production process, while maintaining flexibility to serve different market segments. The findings reinforce the role of product platforms as a driver for construction industrialization, offering practical guidelines for implementation. This study contributes by proposing a model tailored to the Brazilian construction context and aligned with the sector's innovation and productivity goals.

Keywords: Open industrialization. Product platforms. Modular construction.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem sido relacionada, há tempo, a diversas ineficiências, muitas das quais são atribuídas aos métodos tradicionais de construção e à produção no canteiro de obras (Barbosa *et al.*, 2017). São ainda comuns no setor prazos (Hussin; Rahman; Memon, 2013) e custos (Nicholas; Steyn, 2017) excedentes e baixa produtividade (Vrijhoef; Koskela, 2000). A industrialização de sistemas construtivos pode ser uma forma de diminuir estes problemas amplamente conhecidos da construção civil.

Bonev, Wörösch e Hvam (2015) destacam o papel da industrialização, em especial na entrega de sistemas construtivos industrializados. A construção civil pode ser categorizada em um sistema de produção *engineer-to-order* (ETO), que significa que o cliente participa da etapa de projeto ou engenharia do produto (Gosling e Naim, 2009). Em outras palavras, o produto final é customizado às necessidades do cliente. Um desafio importante é como equilibrar quanto do produto é padronizado e quanto é customizado, de forma a garantir economias de escala e dentro das limitações do sistema construtivo (Jansson, Johnsson e Engström, 2014). A adoção de plataformas de produto é uma alternativa para que as empresas alcancem ou lidem com este equilíbrio.

Na construção civil a adoção de plataformas tem sido relacionada, ao longo dos anos, a conceitos de customização em massa, modularidade e construção industrializada (Barlow *et al.*, 2003; Schoenwitz *et al.*, 2017, CIH, 2022). Entretanto, Styhre e Gluch (2010) destacam que as plataformas não são facilmente implementadas na construção civil, que parece considerar um princípio fundamental de evitar soluções padronizadas no desenvolvimento do projeto. Bonev, Wörösch e Hvam (2015) apontam ainda que, apesar de a literatura de gestão da construção se concentrar em princípios e métodos da produção enxuta para discutir a produção, faltam métodos para garantir como realizar uma customização de forma eficaz nas construções. Além disso, a falta de consenso em relação aos conceitos como modularidade e plataforma, e a falta de consideração das particularidades da indústria da construção são as principais barreiras para o avanço do conhecimento na área (Rocha; Formoso; Tzortzopoulos, 2015).

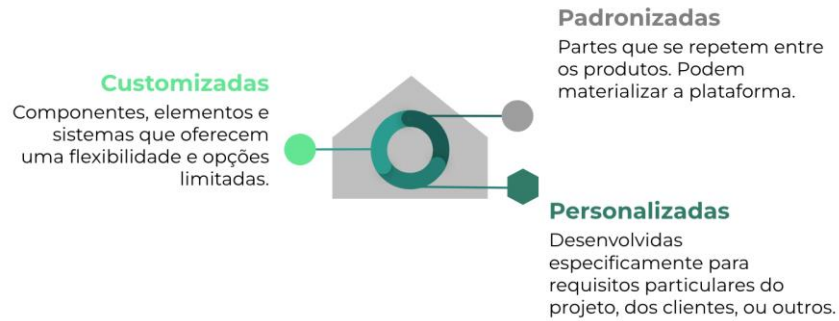
Este trabalho relata uma das submetas do Projeto Construa Brasil, iniciativa do Governo Federal com 9 metas, que buscou melhorar o ambiente de negócios do setor da construção, incentivando as empresas a se modernizarem. Diversas ações fizeram parte deste projeto para a identificação e adequação do regulamento técnico para incentivo à coordenação modular, sendo que este trabalho se refere ao eixo que busca a industrialização do setor composto pelas metas 8 e 9. Este artigo aprofunda no tema, com o objetivo principal de propor um modelo voltado à adoção de plataformas de produto, para definir estratégias de implementação em empresas de construção civil, visando ganhos em padronização, escalabilidade e eficiência produtiva, e fomentar a industrialização do setor.

2 PLATAFORMAS

O conceito de plataformas vem sendo adotado para desenvolver famílias de produtos para alcançar economias de escala por meio da padronização (CIH, 2022). As plataformas são um conjunto de componentes e ou elementos padronizados, reutilizáveis em produtos variados ou em uma família de produtos, de acordo com regras de combinação (Meyer and Lehnerd, 1997; Robertson e Ulrich, 1998; CIH, 2022). Tipicamente relacionadas a componentes físicos dos produtos, no entanto, podem representar processos repetitivos, interfaces em comum e tecnologia ou conhecimento (CIH, 2022).

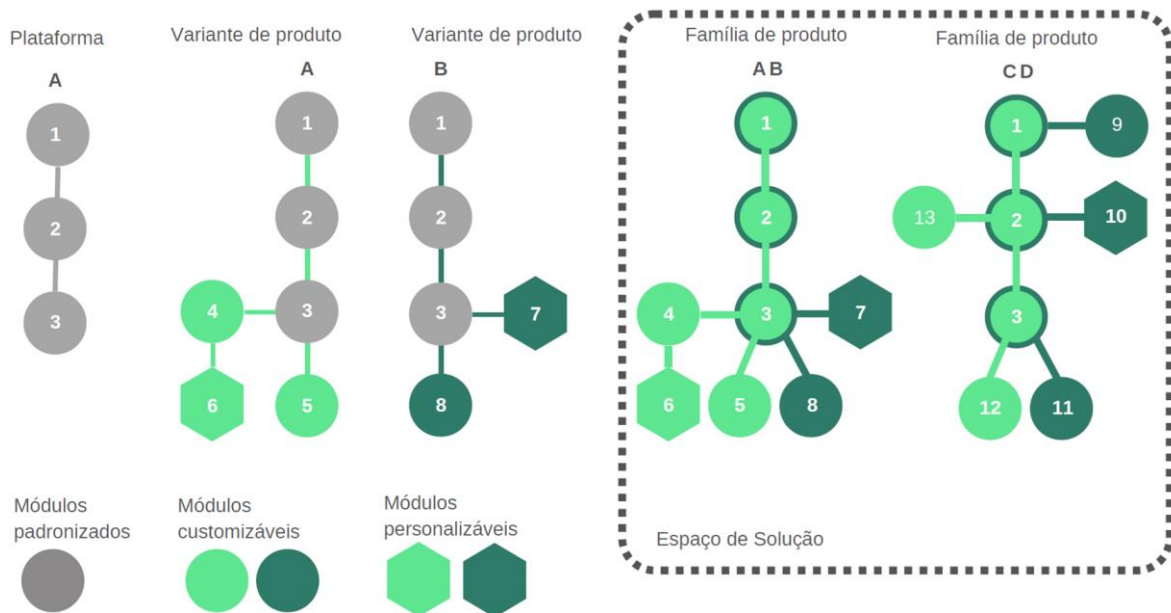
Colombo *et al.* (2020) argumentam que o design da plataforma é um processo complexo que apenas compensa quando o produto final atende às necessidades e expectativas dos consumidores, aumentando a atratividade do produto e produtividade da empresa. Veenstra *et al.* 2006 complementam, o sucesso da utilização de plataformas depende do equilíbrio entre padronização de processos e ou componentes e variedade de produtos finais. Assim, os produtos da construção são compostos por três tipos de partes, sendo: (a) padronizadas (b) customizadas e (c) personalizadas, conforme figura 1 (CIH, 2022). Ao combiná-las é possível estabelecer plataformas, variantes de produtos, famílias de produtos dentro de espaços de solução (figura 2).

Figura 1: Partes dos produtos da construção.



Fonte: As autoras, adaptado de CIH(2022)

Figura 2: Partes do produto padronizadas, customizáveis e personalizáveis e como estas compõem plataformas, variantes de produtos e famílias.

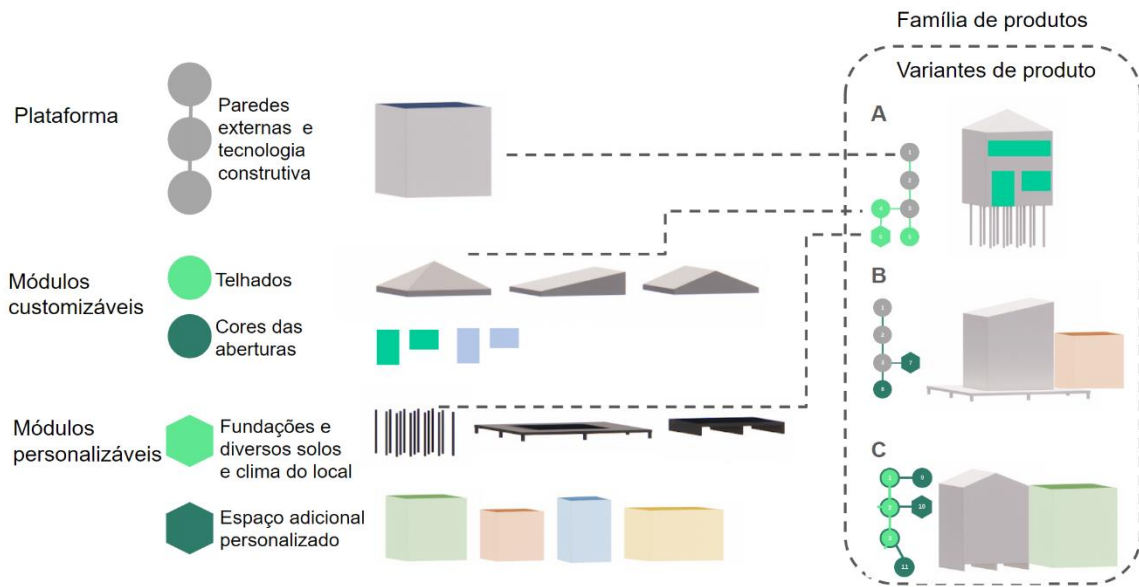


Fonte: As autoras, adaptado de (CIH, 2022; Hentschke *et al*, 2021)

Para exemplificar como estes conceitos podem ser operacionalizados na construção civil, foi desenvolvida a figura 3. Nela, a plataforma está exemplificada pela tecnologia construtiva e paredes externas, alguns módulos customizáveis que podem ser configurados dentro de uma gama de modelos e cores pré-determinados, e alguns módulos personalizáveis considerando especificidades da edificação como local de construção. Todas as combinações possíveis entre estas três partes criam as variantes de produtos que podem ser escolhidas dentro do espaço de solução oferecido pela empresa. Assim, verifica-se que múltiplas soluções partem de uma mesma plataforma.

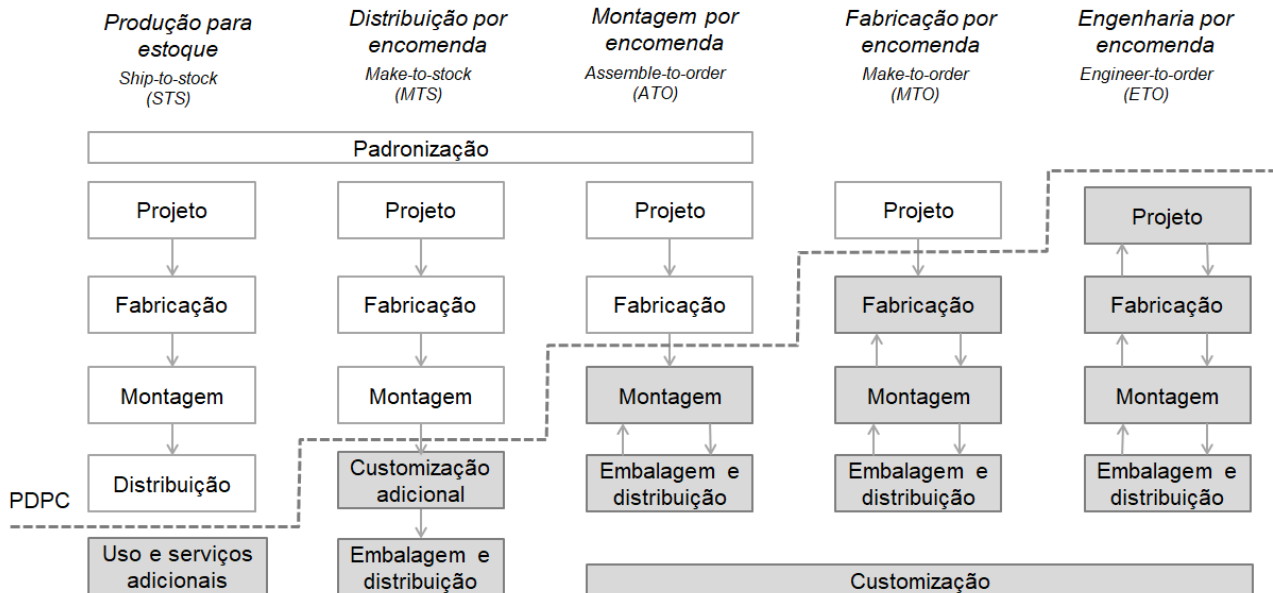
Em um continuum padronização versus customização é inserido o ponto de desacoplamento do pedido do cliente (PDPC), que define o nível de padronização dos produtos e em qual momento do desenvolvimento ou produção a diferenciação do produto se inicia (figura 4). Assim, pode-se trabalhar com diferentes soluções, como portfólio de produtos padronizados, produtos configurados a partir de módulos padronizados, produtos projetados por encomenda. Destaca-se que o maior uso de plataformas, e com maior eficiência, situa-se nas configurações intermediárias, como na montagem por encomenda (ATO).

Figura 3: Partes do produto padronizadas, customizáveis e personalizáveis em exemplo aplicado para construção civil.



Fonte: As autoras.

Figura 4: PDCP, padronização versus customização.



Fonte: Adaptado de Barlow et al. 2003, traduzida pelas autoras.

2.1 PRINCÍPIOS DA PLATAFORMA

Além das partes constituintes de cada plataforma, foram caracterizados os princípios e regras para a definição de plataformas, mostrados no quadro 1.

Quadro 1: Princípios da plataforma.

REGRA (É UMA PLATAFORMA?)	INTENÇÃO DA REGRA
<p>1. IMPLANTÁVEL As plataformas de produtos devem ser aplicáveis em várias edificações não idênticas.</p>	Entregar fisicamente edifícios ou partes de edifícios não idênticos usando a plataforma do produto - para distinguir entre uma entrega única ou uma repetição padronizada.
<p>2. CONFIGURÁVEL As plataformas de produtos devem ser configuráveis para atender aos requisitos individuais do projeto.</p>	Atender às variações de requisitos entre diferentes projetos e, ao mesmo tempo, utilizar os elementos comuns e repetíveis da plataforma.
<p>3. ELEMENTOS COMUNS As plataformas de produtos devem compreender elementos repetíveis comuns, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um kit-of-parts • Processos de produção (exemplo: os métodos utilizados para produção). • Conhecimento (exemplo: a percepção do mercado, a propriedade intelectual). 	<p>Viabilizar a consideração holística de melhoria da produtividade e do risco em todos os aspectos do processo de entrega, ao mesmo tempo em que se aceita que diferentes plataformas de produtos compartilharão elementos em diferentes graus.</p> <p>Facilitar a desagregação da cadeia de suprimentos para que diversos fornecedores possam competir.</p>
<p>4. INTERFACES As plataformas de produtos devem ter interfaces definidas que podem ser disponibilizadas aos projetistas e fornecedores de produtos periféricos ou complementares.</p>	Permitir que a plataforma do produto seja integrada de forma confiável com outras partes de um edifício sem depender totalmente do fornecedor da plataforma, por meio de intercambiabilidade e fungibilidade de componentes, elementos e sistemas.
<p>5. QUALIDADE As plataformas de produtos devem ter um padrão de qualidade definido.</p>	Definir um nível mínimo de qualidade a ser alcançado e ter documentos e procedimentos em vigor (requisitos, especificações, diretrizes, etc) que possam ser usados de forma consistente para garantir que materiais, produtos, processos e serviços sejam adequados à sua finalidade pretendida.
<p>6. INFORMAÇÕES ESTRUTURADAS As plataformas de produtos devem ter uma abordagem estruturada para disponibilizar às informações de produto, adoção, organização; incluindo capacidade e credibilidade.</p>	<p>Permitir que os clientes façam uma escolha informada sobre o uso da plataforma e como ela afetará os resultados;</p> <p>Permitir que os produtores forneçam suas informações de forma integrada;</p> <p>Para permitir que os construtores e executores avaliem, configurem e implantem plataformas corretamente.</p>
<p>7. ABERTA Para que uma plataforma de produto seja considerada aberta, ela deve permitir que qualquer interveniente crie, utilize e compre os elementos comuns e repetíveis para fins legítimos.</p>	<p>Permitir uma compreensão consistente do que significa uma plataforma aberta.</p> <p>Permitir o desenvolvimento de produtos, serviços, e tecnologias com interfaces abertas, aumentando a intercambiabilidade.</p>

Fonte: As autoras, baseado em CIH (2022).

3 MÉTODO

Este artigo relata resultados iniciais de uma pesquisa que adota *Design Science Research* (DSR), como modo de produção de conhecimento, para desenvolver um artefato inovador: um modelo para implementação de plataformas de produto na construção civil. A aplicação da DSR envolveu as etapas de compreensão profunda do problema, desenvolvimento do artefato, implementação em um estudo de caso exploratório.

A pesquisa teve início na Meta 8, do Projeto Construa Brasil. Esta etapa ocorreu entre abril de 2021 e setembro de 2022, focando no desenvolvimento de normas técnicas, sendo que uma delas foi direcionada a plataformas na construção civil. Esta etapa foi fundamental para o desenvolvimento do modelo descrito neste

artigo, abrangendo as fases: compreensão do problema e início do desenvolvimento do artefato. O desenvolvimento contou com refinamentos contínuos a partir de *feedback* de especialistas que formavam o Grupo Técnico Consultivo (GTC) vinculado à Meta 8.

Neste artigo o modelo proposto foi utilizado para analisar descritivamente o caso empírico da empresa X e sua aplicabilidade prática. A empresa X é da construção civil, com histórico em pré-fabricados, que migrou para sistemas modulares volumétricos 3D e painelizados 2D nos anos 2000. Com atuação nacional, a empresa já superou a marca de 1 milhão de metros quadrados construídos e mais de 10 mil módulos entregues. Sua experiência consolidada resultou em metodologias padronizadas, montagem rápida e maior previsibilidade técnica e financeira. A aplicação do modelo permitiu identificar a estratégia de plataformas utilizada pela empresa de forma empírica, especialmente no que se refere à formalização de famílias de produtos modulares com regras claras de combinação. Por meio do modelo, foi possível mapear os componentes constituintes das plataformas, as interfaces, as opções de variação e os limites do espaço de solução adotado. Isso evidenciou como a empresa racionaliza sua produção, reduz custos operacionais e acelera os ciclos de entrega, mantendo certa flexibilidade arquitetônica.

A análise do estudo de caso permitiu refinar internamente a solução desenvolvida, contribuindo para a visualização da sua utilidade, no sentido de guiar a implementação de plataformas de produto em empresas ou até mesmo do possível refinamento para estratégias de plataforma existentes.

4 MODELO DE PLATAFORMAS

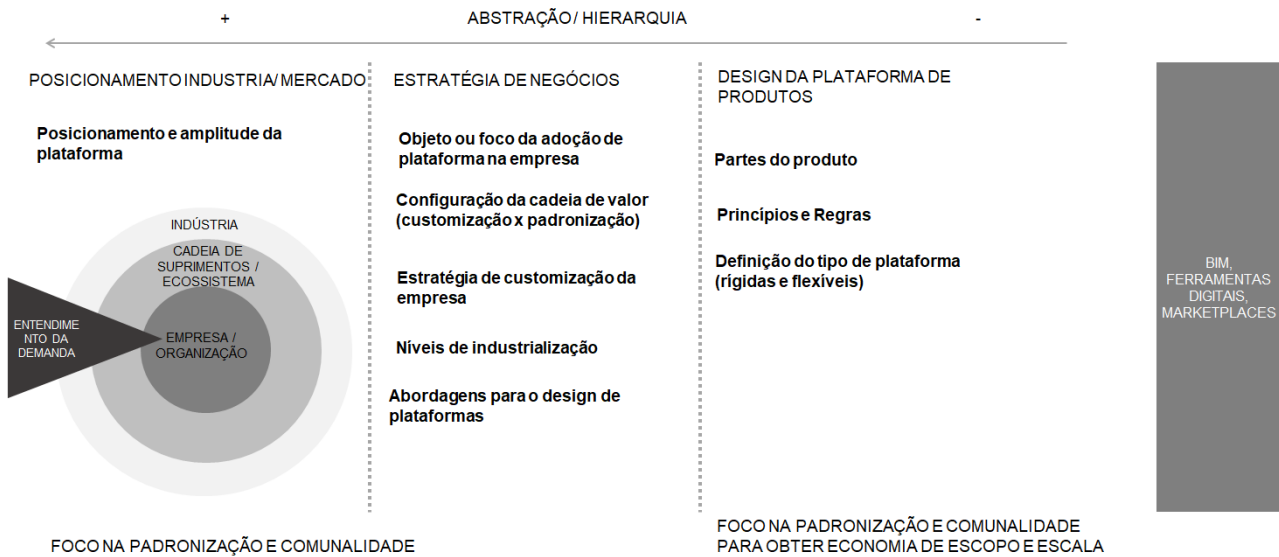
4.1 DESCRIÇÃO

O modelo proposto tem o intuito de orientar a implementação de plataformas de produto na construção civil, desde o posicionamento no mercado, contribuindo para a definição de uma estratégia de negócios, e, finalmente, contribuindo para a definição e design de plataformas. Nota-se na construção civil uma recente movimentação para adoção do conceito, no intuito de alcançar as economias de escala por meio da padronização. No entanto, esse conceito pode ser adotado em diversas instâncias e contextos e, assim como outros conceitos de gestão, possuem uma gama de definições, ainda sem consenso. O modelo busca ilustrar as escalas de adoção possíveis e a importância de alinhar as decisões estratégicas com as operacionais. Este é composto por categorias de decisão, as quais são formas de classificar decisões e apoiar a divisão de problemas complexos de uma forma sistemática e estruturada para facilitar a tomada de decisão (Wikner, 2014).

A figura 5 ilustra o modelo que inicia o horizonte em decisões relacionadas ao posicionamento de mercado da empresa ou organização que está disposta a adotar plataformas. Estas decisões devem considerar o entendimento da demanda de mercado e análise de concorrentes. Nesse contexto, as empresas tomarão decisões relacionadas à comunalidade da sua plataforma: se será apenas da própria empresa; se compartilhada entre algumas empresas em um ecossistema ou cadeia de valor; ou totalmente compartilhada na indústria da construção civil. Essa decisão está relacionada ao conceito de industrialização aberta ou fechada, e há a possibilidade de desenvolvimento de plataformas abertas, fechadas e semi-abertas (Gawer, 2014; CIH, 2022; TCNPlus, 2020).

Após esse primeiro posicionamento, a empresa passaria a definir a sua estratégia de negócios, considerando categorias de decisão como objeto ou foco da plataforma de produto, nível de customização e padronização da cadeia de valor, nível de industrialização, abordagem para o design de plataformas e interação com a estratégia de customização em massa. As decisões relacionadas ao objeto da plataforma estão relacionadas às partes padronizáveis que a empresa vê como foco para obter economia de escopo ou escala, que podem ser: a tecnologia construtiva, parte do processo, módulos do produto, serviço ou conhecimento. Em relação ao nível de customização na cadeia de valor, nota-se que a adoção de plataformas se dá de forma mais natural em sistemas ETO até ATO (figura 4), devido às possibilidades de configurar os produtos. Estas decisões estão diretamente relacionadas à definição do PDPC e a estratégia de customização em massa da empresa (Hentschke et al, 2020).

Figura 5: Modelo de plataformas para construção.



Fonte: As autoras.

A tangibilização da plataforma aumenta da esquerda para direita no modelo; portanto o nível de design da plataforma de produto já trata de decisões relacionadas à definição da arquitetura do produto, contemplando: as classificações das partes do produto; identificação dos requisitos de plataformas (vide quadro 1); e definição do tipo de plataformas, se rígidas, mistas ou flexíveis. Após definir a estratégia de implementação, na operacionalização ocorre a definição mais específica das partes padronizadas do produto que conformam as plataformas. Estas podem compreender a tecnologia construtiva utilizada, o processo, o núcleo ou módulos padronizados, entre outros, ou a combinação demais de um destes itens, e cada um será responsável por viabilizar benefícios específicos provenientes da padronização, comunalidade e reutilização.

A operacionalização do modelo depende de práticas relacionadas às decisões tomadas em cada uma das categorias (Hentschke et al, 2020). É importante destacar que as decisões estratégicas e operacionais estão interligadas e podem sofrer alterações, assim como as decisões entre categorias de decisão podem estar interligadas. Um exemplo dessa interdependência e refinamento das decisões é o detalhamento das decisões sobre o objeto da plataforma nas decisões de partes do produto mencionada acima.

4.2 APLICAÇÃO DO MODELO

O estudo exploratório foi baseado na compreensão do modelo de negócio e da família de produtos da empresa, com base no modelo descrito no item anterior. O produto analisado é baseado em módulos estruturais produzidos em fábrica e montados no local da obra. Esse sistema conforma diversas soluções construtivas oferecidas pela empresa.

4.2.1 Posicionamento

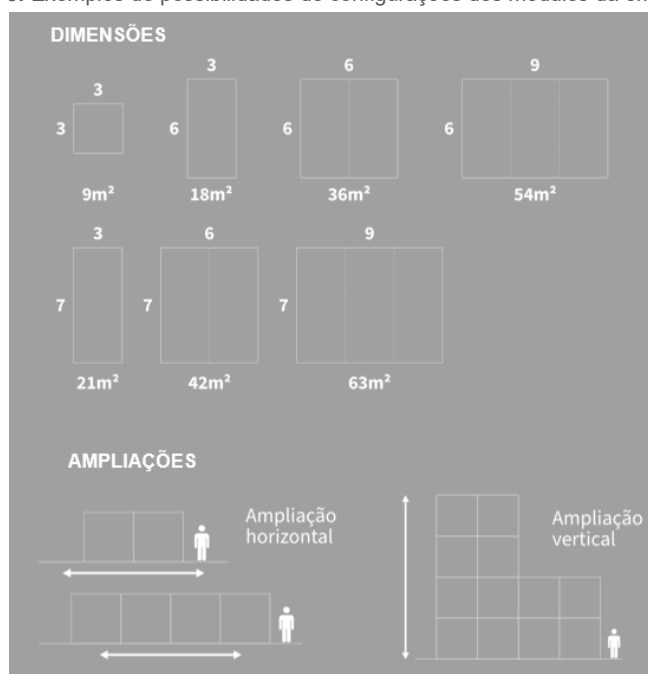
O posicionamento da empresa parte de uma ideologia que busca industrializar ao máximo os processos, e removê-los do canteiro de obras, levando o produto o mais acabado possível da fábrica para a montagem em obra. Neste contexto, a empresa decidiu por uma maior verticalização, sendo responsável pelo desenvolvimento dos projetos, fabricação do chassi estrutural e dos painéis que configuram a vedação vertical externa, e, por último, pela montagem no canteiro dos módulos completos com acabamentos. O sistema construtivo teve papel fundamental no desenvolvimento do produto da empresa, uma vez que surgiu em resposta a uma necessidade de mercado, alinhada aos princípios e cultura da empresa, de industrializar seus entregáveis. Consequentemente, nota-se que a abordagem de industrialização da empresa é fechada, e sua plataforma é de domínio único da empresa.

4.2.2 Estratégia de negócios

A empresa desenvolveu um produto modular para atender a uma demanda específica do seu setor, como extensão estratégica de uma solução pré-fabricada já consolidada. Essa nova linha ampliou o portfólio com base em uma plataforma incorporando níveis distintos de customização para diversos segmentos, como educação, saúde, habitação e comércio. Portanto, sua abordagem para definição de plataformas é prioritariamente *top-down*, a qual considera demanda de mercado e seus conhecimentos prévios para definir plataformas, e eventualmente, quando houver necessidade, por demandas emergentes, pode-se utilizar de abordagens para definição de plataformas *bottom-up*.

O principal foco da plataforma da empresa trata-se da tecnologia construtiva, mas também contém elementos significativos de componentes físicos padronizados e processos. A plataforma de produto da empresa é baseada em componentes padronizados (por exemplo: chassi estrutural, painéis de vedação, sistemas de cobertura e kits de instalações), combinados para formar diferentes configurações modulares (ex.:figura 6).

Figura 6: Exemplos de possibilidades de configurações dos módulos da empresa X.



Fonte: Arquivo da empresa.

Observa-se que a empresa trabalha com um modelo que contempla níveis crescentes de customização, baseados em um sistema ETO, mas com diferentes PDPC de acordo com cada família de produtos. Um exemplo de produto com menor nível de customização é o de módulos para habitações de interesse social, essencialmente em demandas emergenciais. Nesse exemplo, parte-se de produtos com elevado nível de padronização, gerando soluções prontas, escaláveis e de rápida entrega. Em contraponto, nos segmentos de educação e saúde, aumentam os níveis de customização, a gama de variantes de produtos é maior e há mais atributos configuráveis, como variação de layout, de cores e de acabamentos dentro de padrões definidos. Estes produtos, modificados por encomenda, permitem adaptações para condições específicas do cliente, mas estão dentro da mesma família de produtos, possibilitando a configuração de salas de aula, laboratórios, escritórios etc. Soluções projetadas por encomenda, com maior nível de personalização são voltadas para obras com prazos mais longos e custos mais elevados. Nestes casos, são exploradas possibilidades de manter o projeto ao máximo dentro do processo produtivo padrão, incorporando tecnologia e conhecimentos intrínsecos a qualquer produto desenvolvido na empresa.

A família de produtos tem como base o desenvolvimento tecnológico do chassi estrutural, elemento central do sistema que impõe restrições dimensionais importantes ao projeto. Apesar disso, a empresa adota estratégias arquitetônicas que permitem configurações variadas dos módulos. Além disso, o sistema de vedação vertical externo resolve aspectos técnicos relevantes e, por empregar um material cimentício leve, de alta resistência mecânica e ainda pouco explorado no setor, se destaca como diferencial técnico e de inovação do produto.

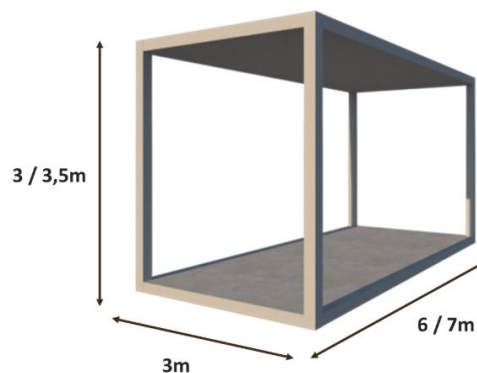
4.2.3 Design da plataforma de produto

Segundo a classificação do CIH (2022), os módulos da empresa X integram partes padronizadas (geram economia de escala), customizadas (adaptáveis a tipologias variadas) e personalizadas (ajustadas a requisitos específicos). A partir do visualizado nos principais projetos da empresa, as partes do produto são:

- Elementos padronizados: configuração do chassi estrutural (vigas e pilares) e perfis de apoio da laje, painéis do sistema de vedação vertical externa (SVVE), sistema de cobertura.
- Elementos customizados: cores dos painéis de concreto leve SVVE e das telhas (branco, cinza ou pintado); composição do sistema de vedação vertical interno (placas de gesso acartonado ou placas cimentícias); cores e materiais das esquadrias; revestimento do piso (porcelanato, vinílico ou concreto aparente); acabamentos como luminárias (sobrepor ou embutir), pintura ou revestimentos cerâmicos.
- Elementos personalizados: configuração das paredes internas, uso de fechamentos externos diferenciados (pele de vidro, painéis de madeira, brises), fundação e sobrecobertura (elemento superior à cobertura, unindo os módulos), configurações de expansibilidade.

Nota-se que o nível de industrialização adotado pela empresa é do sistema construtivo. Os módulos possuem estrutura tridimensional, composta por pilares e vigamentos em chapas de aço dobradas, caracterizando o chassi estrutural - base da sua plataforma de produto - com dimensões de 3, 6 ou 7 metros de comprimento e 3 metros de largura. A altura varia entre 3 e 3,5 metros, como mostra a figura 7. Os chassis são feitos de estrutura metálica autoportante. A cobertura dos módulos é plana, feita com telha metálica trapezoidal. O SVVE é composto por painéis de concreto leve. Já o piso é em estrutura mista, sendo o chassi base complementado por perfis secundários para apoio e fixação das lajes. Apesar de outras configurações serem possíveis para o módulo, estas características formam um produto que apresenta uma alta repetitividade entre diferentes projetos.

Figura 7: Estrutura dos módulos tridimensionais.



Fonte: Arquivo da empresa X.

O sistema de vedação vertical interno (SVVI) e o sistema de forro são multicamadas, compostos por isolamento em lã de vidro, chapas de OSB (oriented strand board) e gesso acartonado como acabamento. Dependendo dos requisitos de projeto, os revestimentos internos podem ser substituídos por outros materiais. As fôrmas para os painéis arquitetônicos de fachada são desenvolvidas conforme as esquadrias do projeto. Os painéis de fachada são produzidos com contramarco de alumínio embutido no concreto, e o cliente pode definir a posição das esquadrias nos painéis e o material em que vão ser confeccionadas, customizando neste caso o padrão de acabamento.

Os sistemas elétrico e hidráulico seguem uma estratégia de kit-of-parts. Quando o projeto é mais padronizado, os kits não precisam de ajustes; em projetos mais customizados, pequenas variações são previstas. Essa abordagem equilibra flexibilidade e eficiência, garantindo controle de qualidade, manutenção da cadeia de suprimentos e facilidade no treinamento da equipe. Como exemplo, a empresa apresentou o caso de diversas edificações entregues ao setor público educacional, com base em configurações pré-definidas de módulos, conformando salas de aula padrão. Para esta variedade de salas, os kits elétricos e hidráulicos se repetiam e se espelhavam de acordo com a posição em que os módulos eram instalados no terreno. Já em outro exemplo de edificações habitacionais modulares, onde o produto final possui sempre a mesma configuração, não havia necessidade de customizar os kits, sendo estes parte da plataforma.

5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo desenvolvido neste estudo permitiu compreender, por meio do caso analisado, a estratégia de plataformas utilizada pela empresa X, conforme o resumo no quadro 2. Também foi possível identificar os desafios críticos de equilibrar padronização e customização em sistemas construtivos industrializados, alinhando-os à estratégia de negócios da empresa X. Como evidenciado, a plataforma de produto baseada em componentes padronizados (como chassis estruturais e painéis de vedação) permitiu ganhos de escala, enquanto módulos customizáveis (acabamentos, layouts) e personalizáveis (soluções específicas para clientes) garantiram flexibilidade. Essa abordagem está alinhada com o trabalho de Bonev, Wörösch e Hvam (2015), que destacam a importância das plataformas para repensar o processo de orçamentação na construção industrializada, mas também apontam a complexidade de definir limites claros entre comunalidade e customização.

Quadro 2: Resumo da aplicação do modelo na empresa X

CATEGORIA DE DECISÃO	EVIDÊNCIA OBSERVADA NA EMPRESA X
Posicionamento de mercado	Plataforma fechada (uso exclusivo da empresa), com industrialização máxima fora do canteiro. Estrutura própria de fabricação e montagem.
Objeto da plataforma	Foco em tecnologia construtiva, componentes físicos padronizados (chassis, painéis, kits) e processos.
Nível de customização na cadeia de valor	Sistema ETO-ATO, com famílias de produtos com diferentes níveis de customização (habitação, educação, saúde etc.).
Estratégia de design de plataforma	Estratégia top-down, com base na demanda e no portfólio anterior. Abordagem bottom-up ocasional para demandas específicas.
Nível de industrialização	Nível elevado: módulos 3D com chassi metálico, painéis SVVE, kits de instalações, pré-montagem em fábrica.
Arquitetura do produto	Chassi metálico repetível com dimensões padrões, SVVE painelizado, cobertura metálica, kits replicáveis, customização de acabamento e layout.
Estratégia de customização em massa (PDPC)	Produtos com diferentes PDPC: da produção para estoque (habitação emergencial) até produção por projeto (obras personalizadas).
Operacionalização da plataforma	Kit-of-parts padronizados para instalações, repetição de componentes, regras de combinação de elementos, variações limitadas por projeto.

Fonte: As autoras.

Além disso, o estudo reforça a premissa de Jansson, Johnsson e Engström (2014) de que a adoção de plataformas na construção civil exige uma mudança de mentalidade: embora a padronização traga eficiência operacional, a resistência cultural à perda de "singularidade" em projetos ainda é um obstáculo. No caso analisado, a empresa enfrentou desafios similares ao expandir seu portfólio para soluções mais personalizadas, onde custos e prazos tendiam a aumentar significativamente. Isso ressalta a necessidade de regras claras de combinação (como proposto no modelo) para evitar que a flexibilidade comprometa a viabilidade econômica.

O modelo ilustra conceitos e relações que facilitam o entendimento do uso de plataformas na construção e podem servir como base para a definição de estratégias de implementação de plataforma organizando a tomada de decisão, desde decisões de posicionamento até a operacionalização de famílias de produtos. Sua aplicação no caso empírico apresenta algumas limitações, pois foi realizado em uma empresa com experiência prévia em pré-fabricados; casos com menor maturidade em industrialização podem exigir adaptações. Além disso, não foi feita uma implementação completa do modelo.

Algumas oportunidades para futuras pesquisas relacionadas ao modelo incluem: a implementação do modelo e acompanhamento de seus resultados; teste do modelo em outros segmentos de mercado (ex.: edificações comerciais de alto padrão), onde a customização é mais demandada; identificação de práticas que viabilizem a operacionalização do conceito de plataformas e facilitem a solução de problemas práticos nas empresas; além de estudos de demanda por plataformas na construção. Outras oportunidades surgem do contexto de origem no Projeto Construa Brasil - Meta 8, como: análise de barreiras e oportunidades normativas e legislativas para a implementação de plataformas de produto na construção civil; análise e proposição de políticas públicas e normas como instrumentos de indução para adoção de plataformas e fomento à industrialização da construção; entendimento das correlações entre plataformas de produto e industrialização, entre outros.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, F. *et al.* **Reinventing construction through a productivity revolution**. 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>. Acesso em: [10 de Abril de 2025].
- BARLOW, J. *et al.* Choice and delivery in housebuilding: examples from Japan. **Building Research and Information**, v. 31, 2003.
- BONEV, M.; WÖRÖSCH, M.; HVAM, L. Utilizing platforms in industrialized construction: A case study of a precast manufacturer. **Construction Innovation**, v. 15, n. 1, p. 84–106, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1108/CI-04-2014-0023>.
- CIH. **Platform Design Programme: Defining the Need**. UK Research and Innovation, Jan. 2021.
- CIH. **The product platform rulebook**. UK Research and Innovation, May. 2022.
- COLOMBO, E. F. *et al.* Value analysis for customizable modular product platforms: theory and case study. **Research in Engineering Design**, v. 31, n. 1, p. 123–140, 2020.
- GOSLING, J.; NAIM, M. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. **International Journal of Production Economics**, v. 122, p. 741-754, 2009.
- GAWER, A. Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. *Research Policy* 43(7). 2014
- HENTSCHKE, C DOS S.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E.; A Customer Integration Framework for the Development of Mass Customised Housing Projects. *Sustainability*. 12, 8901; 2020. DOI:10.3390/su12218901
- HUSSIN, J. M.; RAHMAN, I. A.; MEMON, A. H. The way forward in sustainable construction: issues and challenges. **International Journal of Advances in Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 15-24, 2013.
- JANSSON, G.; JOHNSON, H.; ENGSTRÖM, D. Platform use in systems building. **Construction Management and Economics**, v. 32, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.793376>.
- LESSING, J. Industrialised house-building: conceptual orientation and strategic perspectives. **Habitat International**, v. 13, 2015.
- MEYER, M. AND LEHNERD, A. The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership. **Free Press, New York**. 1997
- NICHOLAS, J. M.; STEYN, H. **Project management for engineering, business and technology**. Abingdon: Taylor and Francis, 2017.
- ROCHA, C.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P. Adopting Product Modularity in House Building to Support Mass Customisation. **Sustainability**, v. 7, n. 5, p. 4919–4937, 2015.
- SCHOEWITZ, M. *et al.* Product, process and customer preference alignment in prefabricated house building. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 79–90, 2017.
- STEHN, L.; ENGSTRÖM, S.; UUSITALO, P. Understanding industrialised house building as a company's dynamic capabilities. **Construction Innovation**, 2021.
- STYHRE, A.; GLUCH, P. Managing knowledge in platforms: boundary objects and stocks and flows of knowledge. **Construction Management and Economics**, v. 28, n. 6, p. 589–599, 2010.
- ROBERTSON, D ; ULRICH, K . Planning for product platforms. **MIT Sloan Management Review**. July, 15, 1998.
- TCNPlus. Platform Thinking for Construction, Transforming Construction Network Plus Digest. 2020
- VEENSTRA, V.S.; HALMAN, J.I.M.; VOORDIJK, J.T. A methodology for developing product platforms in the specific setting of the housebuilding industry. **Res. Eng. Des.**, 17, 157–173, 2006.
- VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 6, n. 3-4, p. 169-178, 2000.
- WIKNER, J. On decoupling points and decoupling zones. **Prod. Manuf. Res.**, v. 2, p. 167–215, 2014.