

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA ESCADA RACIONALIZADA PARA MORADIAS POPULARES

Rafael Vaz Leonardi (IC) e Rolando Ramirez Vilató (Orientador)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

No cenário brasileiro há um déficit habitacional que exige uma inovação do setor da construção civil para aumentar a produtividade e suprir a necessidade de novas moradias populares. Paralelamente, são frequentes as utilizações de sistemas construtivos com baixa produtividade e alto desperdício, evidenciando o atraso tecnológico do setor. A presente pesquisa se propôs a verificar se o uso de elementos racionalizados e industrializados em obras de moradias populares feitas principalmente em sistemas moldados no local de utilização garante vantagens na construção, sendo uma possível alternativa para aumentar a produtividade do setor. A verificação foi feita através do estudo de viabilidade econômica do investimento em uma fábrica que produz esses elementos. Para representar as peças pré-fabricadas e ter sua viabilidade financeira estudada nesse artigo, foi desenvolvido um projeto, uma escada de concreto com viga modulada, comprovando a possibilidade de inovação desse sistema construtivo. A escolha da escada deve-se a dificuldade da sua produção em sistemas construtivos moldados no local, devido à complexidade de sua forma, além das demais vantagens de ser industrializada, detalhadas por diversos autores ao longo da pesquisa. Através da simulação do investimento, foi aferido que é possível vender a escada proposta por um preço competitivo em relação ao que é ofertado no mercado atualmente. Além disso, o investimento se mostra viável ao retornar o dinheiro investido em tempo aceitável, considerando a carência que há no mercado pelo produto ofertado.

Palavras-chave: Concreto Pré-Fabricado. Racionalização Construtiva. Moradias Populares.

ABSTRACT

In the Brazilian scenario, there is a housing deficit that requires innovation in the construction sector to increase productivity and supply the need for new affordable housing. At the same time, construction systems with low productivity and high waste are frequent, demonstrating the technological backwardness of the sector. The present research aimed to verify if the use of rationalized and industrialized elements in popular houses made mainly in systems molded in the place of use guarantees advantages in the construction, being a possible alternative to

increase the productivity of the sector. The verification was made through the study of economic viability of the investment in a factory that produces these elements. To represent the prefabricated parts and have their financial viability studied in this article, a project was developed, a concrete staircase with a modulated beam, proving the possibility of innovation of this construction system. The choice of stairs is due to the difficulty of its production in construction systems molded in place, due to the complexity of its shape, in addition to the other advantages of being industrialized, detailed by several authors throughout the research. Through the investment simulation, it was verified that it is possible to sell the proposed ladder at a competitive price compared to what is currently offered on the market. In addition, the investment proves to be viable when returning the money invested in an acceptable time, considering the lack in the market for the product offered.

Keywords: Precast Concrete. Rationalization in Construction. Popular houses.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da construção civil brasileira, diversas bibliografias especializadas pontuaram as vantagens dos sistemas construtivos industrializados em relação aos demais sistemas. Em 1976, Paulo Bruna já argumentava que a industrialização na construção civil está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, aos quais deverão ser entendidos analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção. A história da industrialização identifica-se, num primeiro tempo, com a história da mecanização, isto é, com a evolução das ferramentas e máquinas para a produção de bens.

Atualmente ainda há facilidade em encontrar bibliografias que alegam as vantagens desses sistemas construtivos. Entre elas, El Debs (2017) expõe que as características do concreto pré-moldado possibilitam benefícios bastante importantes para a construção, tais como: diminuição do tempo de construção, melhor controle dos componentes pré-moldados e redução do desperdício de materiais na construção. Segundo o autor, pode-se assumir que as perspectivas são de que o emprego do concreto pré-moldado em países como o Brasil cresça progressivamente com o aumento do seu desenvolvimento tecnológico e social.

Além disso, as vantagens desse método construtivo podem ser reconhecidas pela iniciativa do governo federal na criação da Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC), ou na criação do NETPre – Universidade Federal de São Carlos, instituições que compartilham do objetivo de disseminar conhecimento acerca da industrialização da construção civil. Para esse objetivo, a ABCIC, juntamente a outras instituições federais favoráveis a industrialização e a Fundação Getúlio Vargas (2012), pondera: “A criação de um programa de estímulo à adoção de processos construtivos com maior conteúdo de produtos industrializados é uma medida de política industrial fundamental, na medida em que permitirá um avanço mais rápido do progresso tecnológico.”.

Entretanto, segundo Campos (data desconhecida), o concreto pré-moldado, mesmo diante de suas vantagens construtivas, representa apenas 5% do uso de cimento na história do Brasil. Com o intuito de esclarecer essa disparidade, El Debs (2017) pontua que o emprego do concreto pré-moldado é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento tecnológico e social do país, pois causa a valorização da mão de obra e maior oferta de equipamentos. Considerando a oferta abundante de mão de obra desqualificada no setor da construção civil, esse se torna um dos motivos para a baixa utilização desse sistema construtivo e maior utilização de sistemas moldados no local, que necessitam de mais colaboradores. Contudo, essa mão de obra barata é caracterizada por falta de qualificação profissional, resultando muitas vezes em uma baixa produtividade (FERREIRA, 2014).

Como alternativa, Íria Doniak (2011) cita a tributação sobre o segmento industrializado na construção civil como impeditivo para ampla utilização do sistema, diferentemente do que ocorre em países desenvolvidos. Enquanto a construção civil convencional, que molda o concreto no local definitivo de utilização, é tributada como um serviço, a construção civil pré-fabricada é tributada como um produto. Dessa forma, no sistema construtivo pré-fabricado há uma cobrança maior do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), aumentando consideravelmente a carga tributária (CBIC, 2013).

1.1 OBJETIVO

- Avaliar em que medida o aumento da industrialização na construção civil corrobora com a diminuição de preço de obras de baixo custo, sobretudo edifícios de moradia popular. Além disso, avaliar a viabilidade da inclusão de escadas pré-fabricadas no projeto de edificações em alvenaria estrutural ou concreto armado no local com alvenaria de vedação.
- Avaliar a viabilidade financeira do investimento em uma pequena fábrica de escadas pré-fabricadas em concreto, verificando o investimento mínimo necessário e a previsão de retorno.
- Estabelecer uma comparação entre o sistema construtivo industrializado com o sistema construtivo convencional, salientando vantagens e desvantagens de ambas as modalidades.

1.2 PROBLEMA

No Brasil, há uma carência habitacional comprovada pela Fundação João Pinheiro (2020), que aponta um déficit de 5,876 milhões de domicílios no Brasil em 2019. Além disso, de acordo com o Plano Nacional de Habitação (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009), a demanda por novos empreendimentos residenciais tende a aumentar até 2023, representando a necessidade da construção de 31 milhões de novas residências.

Segundo Crasto (2005), a construção civil no Brasil é considerada um setor pouco avançado tecnologicamente e com baixa produtividade. Considerando a necessidade de ofertar soluções que possam suprir a demanda do mercado de novos empreendimentos, é necessário que o setor da construção civil se renove a fim de aumentar a eficiência dos processos. Essa carência já foi comprovada por um estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas (2012), que alega a necessidade do setor da construção civil de aprimorar a própria produtividade para que possa atender a demanda necessária para o desenvolvimento do país.

Atualmente, uma das causas da baixa produtividade do setor é a frequente utilização de sistemas construtivos com processos pouco eficazes, que resultam em uma longa duração das obras, além da alta quantidade de mão de obra desqualificada disponível no setor, que muitas vezes resultam em improdutividade.

A desqualificação no setor da construção civil também é refletida pela carência em relação à especialização em sistemas construtivos pré-fabricados, mesmo nos profissionais com educação superior. Segundo um estudo realizado por Oliveira e Souza (2015), de 88 faculdades de engenharia civil analisadas, apenas sete delas possuem, na matriz curricular obrigatória, alguma matéria que abrange a industrialização na construção civil como assunto principal. Nas faculdades de arquitetura, das 77 avaliadas, apenas 12 possuem matérias obrigatórias relacionadas ao tema na matriz curricular. Durante sua pesquisa na cidade de Curitiba, Senger (2017) constatou que o fato de as empresas terem pouco conhecimento e experiência na área é a principal barreira que afasta os construtores e incorporadores da industrialização dos seus processos.

Outro problema enfrentado pelo setor da construção civil é a pouca sustentabilidade nos processos, se destacando negativamente. Segundo Guimarães e Fiore (2019), a disposição inadequada de resíduos da construção civil (RCC) gera poluição difusa em grande parte do território brasileiro. A industrialização na construção civil também pode ser uma solução para diminuir esses resíduos, em razão de utilizar formas reutilizáveis e de maior qualidade e dispensar escoramento nas formas provisórias feitas em obra, que são comumente feitas com madeira em sistemas convencionais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013), juntamente com a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto e a Fundação Getúlio Vargas, explicitou a disparidade entre a carga tributária incidente nos sistemas construtivos convencionais e pré-fabricados. Segundo as instituições, a distorção tributária do setor da construção civil eleva o custo da solução industrializada, fazendo com que as empresas adotem soluções com menor produtividade.

Na ficha técnica citada acima, foi feita uma simulação do mesmo empreendimento em diversos sistemas construtivos, pré-moldados ou não, para efeito de comparação. No

comparativo de custos, o sistema construtivo mais barato foi utilizando elementos pré-moldados no canteiro de obras, seguido de elementos pré-fabricados, alvenaria estrutural e estrutura em concreto armado moldado no local com alvenaria de vedação. Foi destacado pelos autores a influência do ICMS no preço final de uma obra feita em sistema industrializado, chegando ao valor de praticamente 10% do valor total, enquanto aproxima de 6% com a utilização de concreto moldado no local de utilização. Como conclusão, o artigo publicado pelas associações aponta o desincentivo advindo da carga tributária ao processo com maior ganho de produtividade, e que a tributação é a razão pela qual o sistema totalmente industrializado não foi o mais barato.

Mounir El Debs (2017) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2015) descrevem os processos dos sistemas construtivos industrializados, com o intuito de propagar e difundir a industrialização pelo país. Na obra da ABDI (2015), o foco é instruir tanto aqueles que desejam empreender quanto aqueles que desejam contratar empresas nesse setor. Para esse propósito, a obra conta com detalhes sobre documentações, processos de contratação e a legislação necessária em processos de construção industrializada. El Debs (2017), por sua vez, expõe a industrialização de forma mais técnica ao detalhar o processo produtivo de uma empresa de elementos pré-fabricados. Durante a obra, o autor descreve como é feito o projeto das estruturas, produção, normas vigentes e instalação na obra.

Portugal (2017) exemplifica o processo da verificação da viabilidade financeira em obras e investimentos em empresas. Através de ferramentas e indicadores como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Retorno de Capital, o autor revela as condições necessárias para considerar um investimento viável.

3. METODOLOGIA

A pesquisa consiste em determinar se a utilização de elementos pré-fabricados em obras de moradia popular garante uma vantagem financeira ou em relação ao cronograma de uma obra, assim como verificar se o investimento em uma indústria que fabrique esses elementos é viável. Para esse propósito, a fim de representar os demais elementos pré-

fabricados aplicáveis, foi escolhido uma escada com viga central, para que se estude as vantagens, desvantagens e viabilidade da utilização.

A escolha desse elemento deve-se ao fato de possuir uma geometria incomum, gerando complexidade nas formas de concreto na sua fabricação em sistemas construtivos convencionais. Além disso, a agilidade e facilidade na implementação de uma escada em uma obra permite que os colaboradores iniciem mais rapidamente os trabalhos nos próximos pavimentos, encurtando o cronograma da obra.

Considerando o déficit habitacional brasileiro, comprovado pela Fundação Joel Pinheiro (2020), a pesquisa se propõe em focalizar as vantagens do sistema construtivo em obras de moradias populares, haja vista a necessidade de aprimoramento do setor da construção civil para atender a essa demanda da população.

Para isso, a metodologia utilizada consiste em recolher diversas informações relevantes ao tema e utilizar os dados para um estudo de viabilidade financeira. Para o recolhimento dos dados relevantes, foram feitas revisões bibliográficas acerca do assunto abordado, orçamentos com diversas empresas do setor e uma visita técnica em uma empresa de escadas de concreto.

No final de 2021, na cidade de Carapicuíba, em São Paulo, foi feita uma visita técnica em uma empresa que produzia escadas pré-fabricadas de concreto em diversos estilos. Durante a visita, foi observado o processo de fabricação das escadas, assim como o plano de negócios e a atuação no mercado daquela empresa. No momento da visita, a empresa operava com máxima capacidade de produção, devido à não suportar a demanda do mercado. Durante a visita, uma dificuldade observada no processo produtivo foi o transporte interno de cargas da fábrica, feito manualmente. Esse problema é a causa que impedia a produção de escadas com viga central na fábrica.

Durante a pesquisa, foram feitos orçamentos com empresas que produzem escadas moldadas no local de utilização, para que pudesse haver uma comparação de preços e cronograma de obra. Além disso, foi feito um orçamento com uma empresa que produz formas para elementos pré-fabricados de concreto, para formular o investimento necessário na empresa. Para que houvesse maior precisão no custo de cada elemento produzido, uma empresa do setor forneceu preços pagos por diversos materiais da construção civil, considerando a compra de material em grandes volumes.

Considerando a média de preços e duração de obra obtido através de orçamentos com empresas da área e de profissionais autônomos contatados, foi demandado R\$2.000,00 e uma duração de cinco dias para a instalação de uma escada reta de concreto moldada no local. A escada oferecida não possui nenhum revestimento, uma distância vertical de 3,1 metros do piso inferior até o piso superior e 1 metro de comprimento dos degraus.

Para o orçamento com a empresa de formas de elementos pré-fabricados, o projeto foi de uma forma metálica desenvolvida especificamente para a produção das escadas, facilitando o saque e içamento através de uma remoção lateral de parte da forma. A empresa estimou que cada forma custasse em torno de 40000 reais, com valor regressivo de acordo com a quantidade do pedido. Para a formulação do custo de fabricação de uma escada, foram utilizados valores dos materiais concedidos por uma empresa do setor. Os valores utilizados constam na Tabela 1, os preços foram ofertados considerando que a compra seja feita em grande escala.

Tabela 1 – Tabela de preços considerados

Material	Preço (R\$)
AÇO CA50 8,0 MM SOLD BOB 2000KG	7150,00
AÇO CA50 10,0 MM SOLD BOB 2000KG	7150,00
AÇO CA50 12,5 MM SOLD BOB 2000KG	7150,00
CIMENTO CP V ARI 1000KG	590,00
BRITA 1000KG	100,00
AREIA 1000KG	50,00

Fonte: Autor

Após o recolhimento dos dados necessários e a formulação dos custos de cada elemento pré-fabricado, custos diretos e indiretos da operação e o investimento inicial necessário para o processo produtivo da indústria, foi feito um estudo de viabilidade econômica. Para esse estudo, a empresa simulada possuiria equipamentos suficientes para a menor capacidade produtiva capaz de manter a operação sem ociosidade. No estudo, foram usados indicadores econômicos para afirmar se o investimento é ou não viável, como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Retorno de Capital (RC), além da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que, segundo Portugal (2017), são os indicadores que podem concluir a análise acerca da viabilidade de um projeto.

O Valor Presente Líquido é o fluxo de caixa de cada período corrigido pela Taxa de Atratividade, que é um valor que deve cobrir o investidor do retorno esperado sobre o seu investimento a ponto que compense correr o risco sobre o projeto. Para isso, a Taxa de Atratividade deve ser superior ao maior índice de investimento do mercado financeiro, a Taxa Selic ou ao Certificado de Depósito Interbancário (CDI), que são taxas que regem os investimentos em renda fixa, (PORTUGAL, 2017).

Segundo Portugal (2017), a Taxa Interna de Retorno é a taxa que fará com que o Valor Presente Líquido do fluxo de caixa seja igual a zero. Para que o projeto seja considerado financeiramente viável, é necessário que a Taxa Interna de Retorno seja maior do que a Taxa de Atratividade e que o primeiro mês que faça com que o VPL seja zero, ou seja, o mês em que ocorra o retorno do capital investido, aconteça em um tempo desejável.

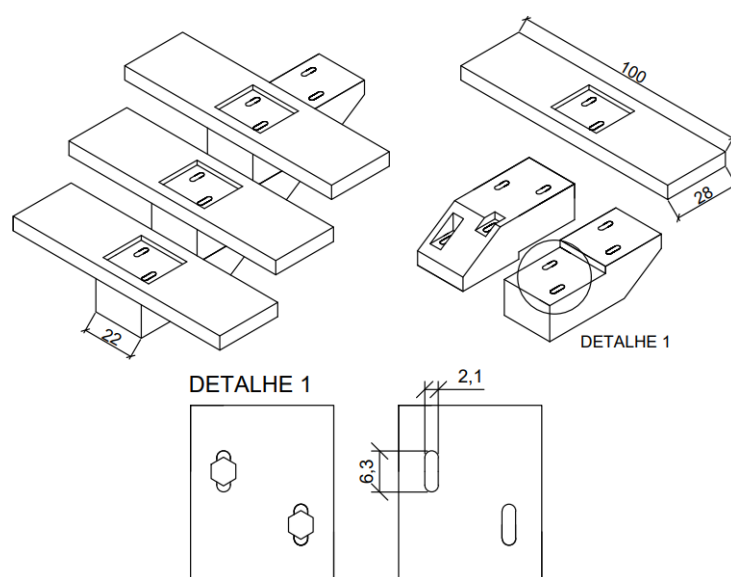
3.1 ESCADA COM VIGA MODULADA

Como alternativa para a escada pré-fabricada com viga central, um projeto de escada com viga central modulada foi desenvolvido, atendendo às necessidades do mercado. Em obras de moradias populares, dificilmente há a disponibilidade de dispositivos de içamento, como guias ou guindastes, devido ao baixo orçamento. Esse fato inviabiliza o uso de parte das estruturas pré-fabricadas, sendo um dos motivos que amplia o uso de sistemas construtivos moldados no local, com menor produtividade.

Considerando essa carência das obras de moradias populares de baixo porte e se adequando às necessidades desse mercado, a escada modulada pré-fabricada dispensa o uso de dispositivos de içamento em sua instalação. Devido ao fato de a viga ser dividida em módulos, cada uma de suas partes possui pouca massa, podendo ser carregada e instalada manualmente. A escada modular pré-fabricada foi desenvolvida como validação da possibilidade de inovação dentro dos elementos pré-fabricados.

A representação do modelo está na Figura 1. Cada módulo possui 22 centímetros de largura e é instalado sobre o anterior, formando a viga que sustentará a escada pré-fabricada. Para que haja a fixação de um módulo no outro, há dois furos em cada módulo e nos degraus, dessa forma uma barra de aço rosqueada nas extremidades passaria por esses furos, representados no Detalhe 1, fixando um módulo no seu antecessor e no degrau acima. As barras de aço possuem 16 milímetros de diâmetro, dimensão inferior ao furo para que haja facilidade na instalação. Cada degrau possui 28 centímetros de largura por 18 centímetros de altura, com o comprimento de 1 metro.

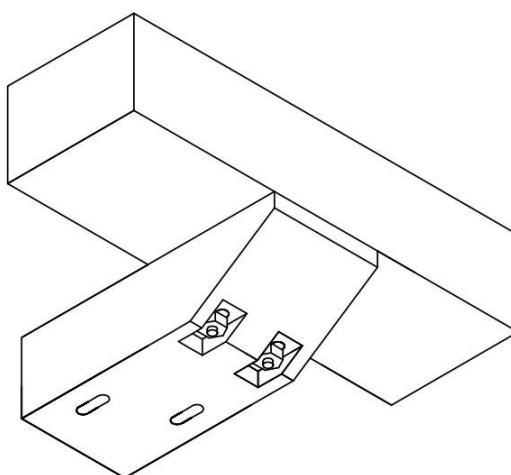
Figura 1 - Representação da escada com viga central modulada



Fonte: Autor

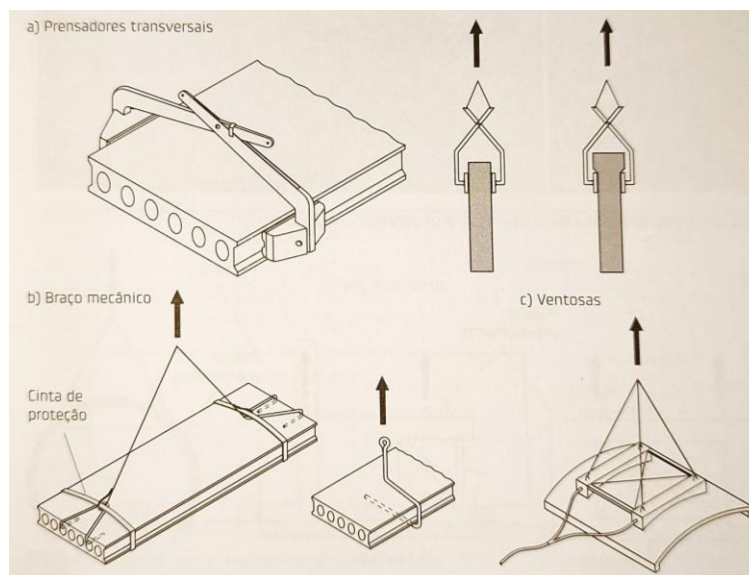
A instalação seria feita por um colaborador da obra, com instruções prévias, dadas pela empresa. Dentro da obra, caso não haja nenhuma grua ou talha, é possível que os próprios colaboradores transportem manualmente cada peça. Nos vazios deixados no interior da peça nos furos destinados a passagem da barra de fixação, haveria um preenchimento de graute, fixando a estrutura, o graute também seria usado para o preenchimento dos rebaixos dos degraus. Enquanto o enrijecimento do graute não estiver concluído, haveria um escoramento por baixo da viga. No início e fim da viga da escada, módulos especiais seriam instalados a fim engastar a escada nas vigas da estrutura da obra. O formato dos módulos especiais pode variar com a disposição dos arranques da viga em que a escada será instalada, presença de patamares ou lajes. Na Figura 2 há uma representação de engaste entre a viga da extremidade e o primeiro módulo, utilizando arranques da armadura da viga para fixação do módulo da viga.

Figura 2 – Representação do módulo da extremidade da viga



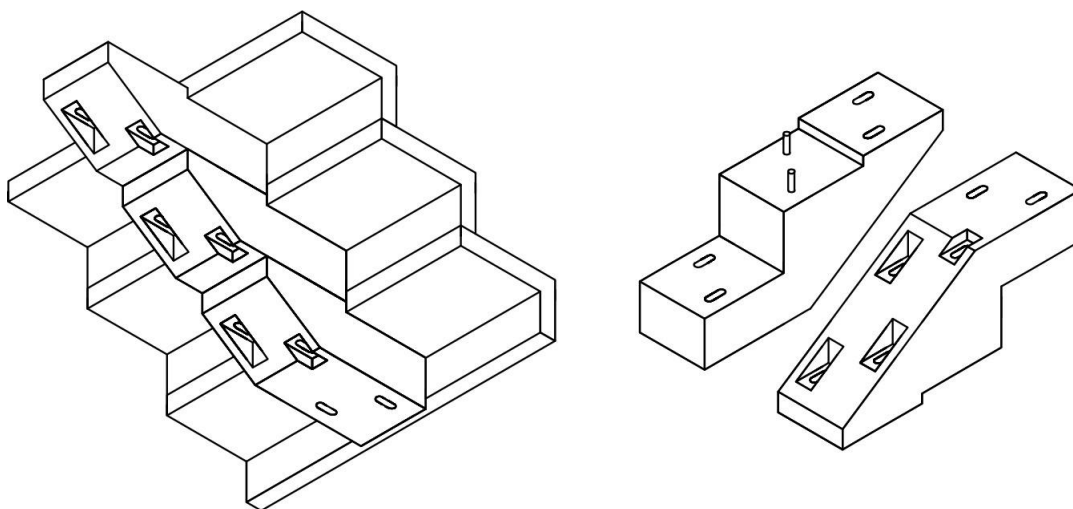
Fonte: Autor

A fabricação desses módulos, pisos e espelhos seria através de formas feitas exclusivamente para esse propósito. Considerando uma empresa cuja estrutura conta com uma pequena ponte rolante, o transporte dos elementos das formas até o estoque ou caminhão seria feito através de ventosas, que içariam o concreto. Esse sistema, listado por El Debs (2017) como um dos sistemas de içamento passíveis de ser utilizado em elementos pré-fabricados de concreto, dispensa o uso de elementos internos na armação destinados ao transporte.

Figura 3 - Exemplos de dispositivos especiais externos para o manuseio dos elementos

Fonte: Mounir El Debs (2017)

Dependendo da disponibilidade de dispositivos de içamento, além da escada com viga central sem módulos, é possível utilizar escadas com módulo duplo, aumentando a produtividade ao diminuir o tempo de instalação. Além disso, com a intenção de reduzir custos, é possível retirar o espelho do degrau, sobrando apenas o piso como na representação da Figura 1. Na Figura 4 há a representação do módulo duplo e do degrau com piso e espelho. Caso haja necessidade de aumentar o comprimento dos degraus, é viável a utilização de duas vigas, cada uma mais próxima de cada extremidade do degrau, aumentando a estabilidade.

Figura 4 - Representação de variações para o modelo de escada

Fonte: Autor

A duração da instalação da escada modulada é menor do que a fabricação da escada moldada no local de utilização. Isso pois dispensa o trabalho de carpinteiros necessário na produção da forma usada para a moldagem da escada na obra, necessitando apenas de escoramento, com consumo de madeira muito menor.

A modulação da viga central da escada, no presente artigo, surge como exemplificação da possibilidade de inovação e adequabilidade às exigências do mercado que a industrialização da construção civil proporciona. Para garantir a viabilidade estrutural, no levantamento dos materiais para determinar o custo de produção foi considerado uma taxa de 2,5% de aço em relação ao volume total do concreto armado, capaz de cobrir possíveis detalhes na armação ou alguma luva interligando barras que servirão como a armadura longitudinal.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

No setor da construção civil, urge a necessidade de buscar por inovações que aumentem a produtividade para suprir o déficit habitacional e assistir o desenvolvimento do país. Uma estratégia para aumentar a produtividade do setor é o aumento da industrialização na construção. Segundo Formoso (2002), citado por Grande (2009), o desenvolvimento de elementos com lógica de subsistema na produção de componentes pré-fabricados é fundamental para a redução de custos, desperdícios, prazos e patologias construtivas.

Vale ressaltar que essa estratégia já foi utilizada em países desenvolvidos. Segundo El Debs (2017), o uso de concreto pré-moldado foi amplamente utilizado na Europa no período posterior à Segunda Guerra Mundial, pois havia necessidade de aumentar a produtividade do setor para a reconstrução do continente.

O concreto pré-moldado em uma instalação fabril definitiva garante maior produtividade pois há maior controle de qualidade e dos processos realizados, garantindo uma maior racionalização construtiva. Com a fabricação dos elementos em uma contínua linha de produção, em formas reutilizáveis, a maior eficiência propicia maior sustentabilidade ao gerar menos resíduos com desperdícios.

Entretanto, no cenário brasileiro, a abundância da mão de obra pouco especializada e a disparidade na carga tributária incidente dos diversos métodos construtivos são motivos que propiciam o uso de sistemas construtivos convencionais, culturalmente difusos nos profissionais da construção brasileira. Em obras de menor porte, com menor volume de concreto utilizado, a utilização de apenas algumas estruturas pré-fabricadas é uma estratégia para um significativo ganho de produtividade sem um aumento considerável no preço total da

obra, desde que essas peças não requeiram dispositivos exclusivos para as respectivas instalações, como guias ou guindastes.

4.1 VIABILIDADE DO INVESTIMENTO EM UMA FÁBRICA

Indústrias do setor da construção civil que produzem elementos pré-moldados sintetizam todas as etapas de uma obra em diversos setores da fábrica, como a armação, formas, central de concreto, acabamento e estoque, além de necessitarem de um sistema de içamento e transporte eficaz para mover os elementos entre os diversos setores. Para que todos os setores possam cumprir suas funções com qualidade, mão de obra especializada e equipamentos específicos são necessários. Haja vista a complexidade da operação, é necessário que o investimento inicial seja mais elevado do que no investimento em outros setores, além da necessidade de um faturamento elevado para arcar com as despesas mensais e para que o retorno do capital investido ocorra em um tempo desejável.

Na simulação do investimento, para calcular a produtividade da empresa, foi considerado o trabalho em 21 dias por mês, com oito horas de expediente. A empresa foi dimensionada de forma a possuir o menor tamanho capaz de não sobrecarregar nenhum setor, evitando ociosidade.

A empresa foi pensada baseada no modelo das empresas já existentes no setor. A empresa projetaria, produziria e transportaria os elementos pré-fabricados até o cliente, entretanto, a instalação não seria parte do escopo, sendo essa realizada por colaboradores da obra. Haveria a própria estação para corte e dobra das barras de aço que seguiriam para o setor da armação. Após esse setor, as armações seguiriam para as formas metálicas com o auxílio de plataformas com rodas, sendo possível a utilização da ponte rolante para a inserção da armação na forma. O concreto seria misturado em betoneiras e a concretagem também recebe o auxílio da ponte rolante, dispositivo responsável pelo transporte dos elementos já concretados até o estoque ou até o caminhão.

Para a operação, diversos equipamentos são necessários. Através da pesquisa em sites que vendem esses equipamentos, conversas com profissionais do setor e o orçamento com uma empresa especializada em formas de elementos pré-fabricados de concreto, foi possível elaborar a seguinte tabela que servirá como investimento inicial para a operação.

Tabela 2 – Investimento inicial

Formas	R\$ 435.000,00
Dispositivos de transporte	R\$ 50.000,00
Betoneira	R\$ 5.000,00
Ferramentas	R\$ 10.000,00
Caminhão	R\$ 95.000,00
Material p/ escritório	R\$ 10.000,00
Total	R\$ 605.000,00

Fonte: Autor

Novamente através de referenciamento por pesquisas na internet em sites que divulgam anúncios de aluguéis de galpões e suas respectivas contas e conversas com profissionais do setor, foram estimados valores pagos mensalmente para a manutenção da operação:

Tabela 3 – Custo mensal da operação

Contas (Água e Energia)	R\$ 500,00
Aluguel	R\$ 9.000,00
Manutenção	R\$ 1.000,00
Internet e Telefone	R\$ 500,00
IPVA e IPTU	R\$ 360,00
IRPJ	R\$ 3.334,50
ICMS	R\$ 17.100,00
Salários Colaboradores	R\$ 43.560,00
Total	R\$ 72.354,50

Fonte: Autor

Na elaboração dos custos mensais da empresa, para os salários dos colaboradores, foi admitido no mínimo dois salários-mínimos por colaborador. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013), expõe que empresas de elementos pré-fabricados de concreto pagam aproximadamente 10% do faturamento em ICMS, dado que foi utilizado na Tabela 2. Para o Imposto de Renda de Pessoa Jurídica, foi utilizado a alíquota de 15% sobre o lucro total real da empresa (GOVERNO FEDERAL, 2015).

Através dos preços concedidos pela empresa contatada, foi possível elaborar o custo dos materiais para a produção da escada com viga central modular. Considerando uma escada das mesmas dimensões utilizadas no orçamento com a empresa que oferece a solução convencional, ou seja, uma distância vertical de 3,1 metros, da laje inferior até a laje superior, e 1 metro de comprimento dos degraus, o custo foi de R\$ 872,04. Além dos materiais, o valor cobre o valor médio de combustível do transporte das escadas e a comissão dos vendedores. A distância máxima para entrega dos elementos e, conseqüentemente, o valor do combustível foram dimensionados baseado na atuação das empresas do setor contatadas.

A empresa foi dimensionada para produzir aproximadamente 50 metros cúbicos de concreto armado por mês, operando com cerca de 80% de sua capacidade produtiva máxima.

Dessa forma, com uma margem de lucro de 13% e utilizando os dados das Tabelas 1 e 2, considerando uma projeção de vendas de R\$ 171.000,00 por mês, haveria uma produção de aproximadamente 84 escadas mensais segundo a representação das Figuras 1 e 2. Sendo assim, o preço médio final de cada escada seria R\$ 2.031,07. A partir desses dados, podemos elaborar a planilha com o estudo da viabilidade financeira do investimento.

Tabela 4 – Comparação de preços das escadas

Escada	Moldada in loco	Modular
Duração da Instalação	5 dias	24 horas
Preço	R\$2.000,00	R\$2.031,07
Observações	Requer colaboradores especializados; gera resíduos	Mais sustentável; instalação manual
Fonte: Autor		

Vale ressaltar, que alternativamente às duas soluções propostas na Tabela 4, também há a escada pré-fabricada com viga única, também em concreto. Entretanto, essa solução requer dispositivos de içamento para sua instalação, sendo sua utilização inviável em obras de moradia popular de pequeno porte que não contam com esses dispositivos, destoando do foco do presente artigo.

A Tabela 5 representa o Valor Presente Líquido dos três primeiros anos do investimento. Através da tabela, podemos notar que o Retorno do Capital investido ocorre no trigésimo segundo mês. Como parâmetro para comparação da viabilidade do investimento, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi baseada no Certificado de Depósito Interbancário (CDI), que em junho de 2022 é 12,65% ao ano (BANCO CENTRAL, 2022), sendo que na tabela está seu valor mensal. A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi calculada em 1,5978% ao mês para o período estimado.

Tabela 5 – Viabilidade financeira

Evento	Investimento	CV	CF	Receita	Saldo	VPL
Sinal	-605000	0	0	0	-605000	-
1	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-582989,55
2	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-561196,49
3	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-539618,67
4	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-518253,96
5	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-497100,26
6	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-476155,49
7	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-455417,57
8	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-434884,48
9	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-414554,17
10	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-394424,66
11	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-374493,96
12	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-354760,10
13	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-335221,15
14	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-315875,17
15	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-296720,26
16	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-277754,53
17	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-258976,12
18	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-240383,17
19	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-221973,86
20	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-203746,36
21	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-185698,89
22	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-167829,67
23	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-150136,92
24	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-132618,93
25	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-115273,94
26	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-98100,27
27	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-81096,21
28	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-64260,09
29	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-47590,25
30	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-31085,05
31	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	-14742,87
32	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	1437,91
33	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	17458,89
34	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	33321,63
35	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	49027,70
36	0	-73415,5	-75354,5	171000	22230	64578,66

TIR
1,598%

TMA
0,998%

Legenda
VPL - Valor Presente Líquido
TIR - Taxa Interna de Retorno
TMA - Taxa Mínima de Atratividade
CF - Custos Fixos
CV - Custos Variáveis

Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo, foi possível afirmar que há vantagens administrativas e técnicas no uso de elementos pré-fabricados na construção civil. Ao serem produzidos em uma indústria, há disponibilidade exclusiva de recursos que propiciam o aumento da produtividade e maior qualidade, como caldeiras para cura térmica à vapor do concreto, pontes rolantes, formas metálicas reutilizáveis com vibração para assentamento do concreto, entre outros recursos.

Embora a industrialização do setor da construção civil seja uma tendência entre os países desenvolvidos, ainda há obstáculos no Brasil, como a carga tributária, a abundância de mão de obra barata e desqualificada, a questão cultural e a falta de engenheiros com conhecimento técnico no assunto, propiciando o uso de sistemas construtivos com menor produtividade. Em obras de pequeno porte, com menor volume de concreto armado, a utilização de elementos pré-fabricados de grande porte é dificultada pelo maior custo, graças aos impostos incidentes e a mobilização de recursos necessários para a instalação das peças. Entretanto, em obras de grande porte, o ganho de produtividade da utilização de soluções industrializadas compensa o maior custo, pois com a menor duração das obras é possível começar as operações do empreendimento mais rapidamente, diminuindo o tempo em que haverá retorno do capital investido. Além disso, em obras de grande porte, o custo do aluguel de equipamentos necessários na instalação é diluído no grande volume de elementos.

Em relação ao investimento em uma indústria de elementos pré-fabricados, o estudo da viabilidade econômica indica que a fábrica é viável. Considerando os dados utilizados, o Valor Presente Líquido do fluxo de caixa da empresa se torna positivo após o trigésimo terceiro mês de operação, sendo esse o tempo necessário para que haja retorno do capital investido. Além disso, a Taxa Interna de Retorno foi superior a Taxa Mínima de Atratividade, indicando que o investimento é mais rentável que investimentos seguros em renda fixa, sendo essa a condição mínima para viabilidade do investimento.

A escada com viga central modulada, além de garantir uma vantagem logística dentro da obra, consegue ser produzida de forma a ser vendida por um preço competitivo. A solução convencional para a produção de escadas, a moldagem do concreto no local de utilização, foi ofertada por R\$2.000,00 reais em média nos orçamentos feitos, com uma duração de aproximadamente 5 dias. Além do fato de que a mão de obra na produção deve ser especializada, sendo necessário um conhecimento prévio em marcenaria, a caixaria utilizada como forma nessa solução é feita madeira, gerando resíduos. A escada pré-fabricada com viga modular, passível de ser ofertada por um valor estimado em R\$2.031,17, além de possuir um preço competitivo comparado às outras soluções de mercado, pode ser utilizada aproximadamente após 24 horas do início da instalação, gerando facilidade na locomoção dos colaboradores entre os pavimentos da obra e encurtando a duração da obra. Vale ressaltar que a indústria de pré-fabricados não se limitaria a produção de escadas, sendo esse apenas o elemento escolhido para representar a operação da empresa no estudo de viabilidade econômica.

Enquanto ainda houver disparidade em relação à carga tributária incidente nos sistemas construtivos convencionais e pré-fabricados, a utilização de elementos industrializados que não necessitem de uma grande logística dedicada, como guas ou

guindastes, é uma estratégia para aproveitar os benefícios de produtividade da industrialização sem que haja disparidade relevante no preço final.

Os resultados positivos advindos do estudo de viabilidade econômica no investimento em industrialização no setor da construção civil não são a única vantagem da simulação da empresa. Além de corroborar com a modernização de inovação dentro do setor, a industrialização garante maior sustentabilidade ao gerar menos resíduos e maior segurança no trabalho ao propiciar um ambiente mais controlado para os colaboradores.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada**. Volume 1. ABDI: Brasília, 2015.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Selic dados diários**, 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/selicedadosdiarios>. Acesso em: 13/06/2022.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. 1. Ed. São Paulo: Perspectiva, 1976.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Tributação, Industrialização e Inovação Tecnológica na Construção Civil**. São Paulo: 2013.

CAMPOS, P. E. F. **Sem restrições tecnológicas, os pré-fabricados precisam romper obstáculos culturais**. Disponível em: <https://abcic.org.br/Artigos/sem-restricoes-tecnologicas-os-pre-fabricados-precisam-romper-obstaculos-culturais>. Acesso: 14 de junho de 2022.

CRASTO, R. C. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. 231 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DONIAK, I. L. O. **A pré-fabricação em concreto como alternativa viável**. Conjuntura da Construção, 2011.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FERREIRA, A. S. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 2014. Universidade Federal de Santa Maria.

FORMOSO, C. T. **Plano Estratégico para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído com ênfase na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2002.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **A produtividade da Construção Civil brasileira**. Belo Horizonte: FGV, 2012.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2016 – 2019**. Belo Horizonte: FJP, 2020.

GRANDE, F. M. **Desenvolvimento de painel alveolar de concreto armado pré-moldado para habitações de interesse social**. 2009. 157p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GUIMARÃES, D.; FIORE, F. **Indicadores de efetividade da gestão dos resíduos da construção civil**. Estudo de caso: município de São José dos Campos/SP. 2019. São José dos Campos.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. 1. ed. 2009.

OLIVEIRA, A. B.; SOUZA, H. A. **Sistemas construtivos industrializados nos cursos de graduação em engenharia civil e arquitetura do Brasil**. 2015. Revista Ensino de Engenharia. p. 53-60

PORTUGAL M. A. **Como Gerenciar Projetos de Construção Civil: do orçamento à entrega da obra**. 1. ed. Brasport, 2017. 168 p

RECEITA FEDERAL. **Imposto sobre a renda das pessoas jurídicas**, 2015. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/selicedadosdiarios>. Acesso em: 17/05/2022.

SENGER, E. W. **Percepções de construtores e incorporadores sobre industrialização na construção civil em Curitiba**. E-Tech, 2017.

Contato: rafaelvazleo@gmail.com (IC) e rolando.vilato@mackenzie.br (ORIENTADOR)