

## INTERAÇÕES ENTRE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO E O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Interactions between product development process and production planning  
and control in construction

### **Guilherme Luiz Canzian Marion**

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

### **Daniela Dietz Viana**

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

### **Mozzara Oliveira da Fonseca**

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

### **Alexandra Staudt Follmann Baldauf**

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

### **RESUMO**

A construção é caracterizada pela produção de produtos únicos, com baixo grau de repetibilidade, elevada complexidade e longos tempos de concepção. Etapas do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) e do Planejamento e Controle da Produção (PCP) podem se sobrepor. Algumas estratégias de PDP como a customização em massa, e práticas como a gestão de requisitos e a prototipagem interagem com o PCP, afetando a construção em termos de prazos, custos e qualidade. Essa interação é abordada em poucos estudos, representando uma importante lacuna de pesquisa. Esse estudo assume uma abordagem empírica com o objetivo de analisar as interações entre práticas do Processo do Desenvolvimento do Produto e o Planejamento e Controle da Produção. O objeto de estudo é uma construtora de grande porte da região sul do Brasil especializada no segmento de alto padrão. Os resultados apontam para diversas interações entre os temas centrais do trabalho, como a oferta de opções customizadas aos clientes, a criação de *buffers* temporais para gestão de requisitos tardios e a inserção precoce dos fornecedores na gestão de protótipos para identificar e corrigir erros. O estudo apresenta uma contribuição teórica ao endereçar os desafios encontrados nas interações entre o PDP e o PCP.

**Palavras-chave:** Processo de Desenvolvimento do Produto; Planejamento e Controle da Produção; Customização em Massa; Gestão de Requisitos; Prototipagem.

### **ABSTRACT**

*The construction industry is characterized by the production of unique products, with a low degree of repeatability, high complexity, and long design times. Stages of the Product Development Process (PDP) and Production Planning and Control (PPC) may overlap. Some PDP strategies, such as mass customization, and practices like requirements management and prototyping, interact with PPC, impacting construction in terms of deadlines, costs, and quality. This interaction is addressed in few studies, representing a significant research gap. Thus, this study takes an empirical approach with the aim of analyzing the interactions between Product Development Process practices and Production Planning and Control. The object of study is a large construction company in the southern region of Brazil, specialized in the high-end segment. The results indicate various interactions between the study's central themes, such as offering customized options to clients, creating time buffers to manage late requirements, and the early involvement of suppliers in prototype management to identify and correct errors. This study offers a theoretical contribution, addressing the challenges identified in the interactions between PDP and PPC.*

**Keywords:** Product Development Process; Production Planning and Control; Mass Customization; Requirements Management; Prototyping.

## 1 INTRODUÇÃO

As exigências por variedade e qualidade do produto final provocam mudanças significativas no mercado da construção e o setor busca maior eficiência produtiva e flexibilidade nas ofertas para atender requisitos de clientes (Kwok *et al.*, 2016). Nesse cenário, consumidores demandam produtos diferenciados e inovadores, exigindo que as construtoras diversifiquem suas ofertas e explorem continuamente métodos criativos e estratégias adaptativas para acompanhar as dinâmicas de mercado (Dastjerdi e Tumer, 2024). Nesse viés, investir na melhoria do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) torna-se uma necessidade para as empresas que buscam vantagem competitiva (Barros Neto e Nobre, 2009). O PDP compreende toda a concepção e produção de um produto, desde a percepção de uma oportunidade de mercado, até a venda e entrega do produto ao cliente final (Ulrich e Eppinger, 2000). Para Smith e Morrow (1999), o PDP converte necessidades e requisitos dos clientes em informação para que um produto seja concebido. Assim, a geração de valor para os clientes depende da captação e do gerenciamento de requisitos ao longo do desenvolvimento e da produção de um determinado produto (Koskela, 2000). Dentro do PDP, algumas decisões podem ser postergadas até o último momento responsável, o que significa que é necessário definir e organizar o processo de projeto para definir quais são as decisões possíveis de serem adiadas para atender os requisitos dos clientes. Entretanto, esse atendimento deve seguir certas limitações para permitir a viabilidade do empreendimento. Esse estudo explora a estratégia da customização em massa e as práticas de gestão de requisitos e prototipagem.

A customização em massa é uma estratégia voltada ao desenvolvimento de produtos de alto valor agregado, com prazos reduzidos e custos competitivos (Formoso; Tillmann; Hentschke, 2022). Já consolidada na manufatura, essa estratégia ganha espaço na construção em resposta às mudanças nos arranjos familiares e às demandas por moradias mais adaptáveis (Amorim, 2018), buscando atender às necessidades específicas de cada usuário e oferecendo produtos únicos com eficiência e custos reduzidos similares aos da produção em massa (Pine, 1994). Sua aplicação é viabilizada por parâmetros bem definidos de projeto e produção, sendo composta por um conjunto de atividades interligadas que envolvem a coleta inicial de requisitos dos clientes e sua tradução em um produto físico (Mohamed, Carbone, 2022). Um desafio dessa estratégia está relacionado à avaliação da flexibilidade do produto e à maneira como ele é construído (Garip; Onay; Garip, 2021). Dessa forma, é necessário definir o ponto de desacoplamento do pedido do cliente, no qual os requisitos são considerados para concepção do produto (Sharman, 1984), o que evidencia o valor da prática de gestão de requisitos.

Outra prática fundamental para o PDP é a prototipagem, que tem por objetivo testar processos em um ambiente próximo ao real a fim de obter *feedback* sobre a construção de um dado produto e está em consonância com os princípios da *lean production* ao contribuir para a padronização do trabalho, para o melhoramento contínuo e para a difusão de lições aprendidas (Ballard e Tommelein, 2021). Nos protótipos, que são construções intermediárias e inacabadas, possíveis modificações do produto final são percebidas e adotadas antecipadamente à concepção do produto final (Antunes e Gonzalez, 2015; Hackett *et al.*, 2014). Outra vantagem é que modificações anteriores à produção do produto definitivo também possuem um custo substancialmente inferior às modificações tardias. Assim, a prototipagem aprimora o conhecimento, confiabilidade e desempenho de produtos, contribui para a redução de erros e encurtamento dos prazos, e permite o desenvolvimento de um modelo original, a partir do qual outras formas podem ser desenvolvidas para aprimorar a ideia inicial, antes de replicá-lo em larga escala (Pereira; Saffaro; Hirota, 2015; Ma *et al.*, 2022).

Embora vários estudos tenham explorado o sucesso da aplicação dos conceitos customização em massa, gestão de requisitos e prototipagem na construção civil, poucos abordaram sua relação com o Planejamento e Controle de Produção (PCP). O PCP pode ser entendido como um processo dinâmico que não termina até a conclusão do empreendimento (Ballard e Tommelein, 2021). Dessa forma, diversas fontes de variabilidade potencialmente afetam a habilidade de concluir os empreendimentos dentro de prazos, custos e qualidade estimados (Bosch-Rekvelde *et al.*, 2011, Dallasega *et al.*, 2021). Determinados sistemas de PCP como o *Last Planner System* são amplamente reconhecidos pela capacidade em reduzir a incerteza ao longo das etapas do planejamento e proteger a produção dos efeitos de diferentes fontes de variabilidade (Ballard e Howell, 1998). Assim, o PCP apresenta diversas oportunidades de sinergia com diferentes etapas do PDP. Diante desse cenário, esta pesquisa tem como objetivo analisar as interações entre o processo do desenvolvimento do produto e o planejamento e controle da produção. Para isso, foi realizada a análise de um empreendimento de uma construtora de grande porte que já aplica esses três conceitos. A empresa foi considerada oportuna por utilizar o *Last Planner System* há duas décadas, permitindo o entendimento da interação entre esse sistema formal de PCP e o PDP.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada para o trabalho foi o estudo de caso, pois os pesquisadores possuem pouca influência sobre o evento estudado e o foco recai sobre em um evento contemporâneo do mundo real (Yin, 2008). O trabalho foi desenvolvido em uma construtora de grande porte da região sul do Brasil (empresa A) especializada no segmento residencial multifamiliar de alto padrão. As principais razões para a escolha da empresa foram: (i) a adoção de práticas de customização em massa, gerenciamento de requisitos e prototipagem de produtos; (ii) a adoção do *Last Planner System* de PCP há mais de duas décadas. A razão (i) demonstra estratégias e práticas do PDP que objetivam a satisfação de requisitos do cliente e geração de valor no ambiente construído, e a razão (ii) indica a existência de um sistema de PCP estruturado, permitindo uma análise sistemática da influência das três abordagens no planejamento da construção.

A obra selecionada neste estudo é um edifício com estrutura em concreto armado e fechamentos em alvenaria de vedação e *drywall*. O edifício possui 14 pavimentos, cerca de 14.000 m<sup>2</sup> de área construída e 23 unidades habitacionais com áreas entre 333 e 378 m<sup>2</sup>. O empreendimento foi construído em 30 meses e o estudo foi realizado entre os meses 17 e 19. O projeto apresentava algumas características de complexidade, como a forte demanda dos clientes por customização – potencialmente afetando prazos para execução das unidades customizadas, o elevado número de empresas subcontratadas – 21 ao longo dos três meses de estudo, e a adoção de soluções construtivas inovadoras – elevando a incerteza quanto ao cumprimento de prazos e sequenciamento de atividades.

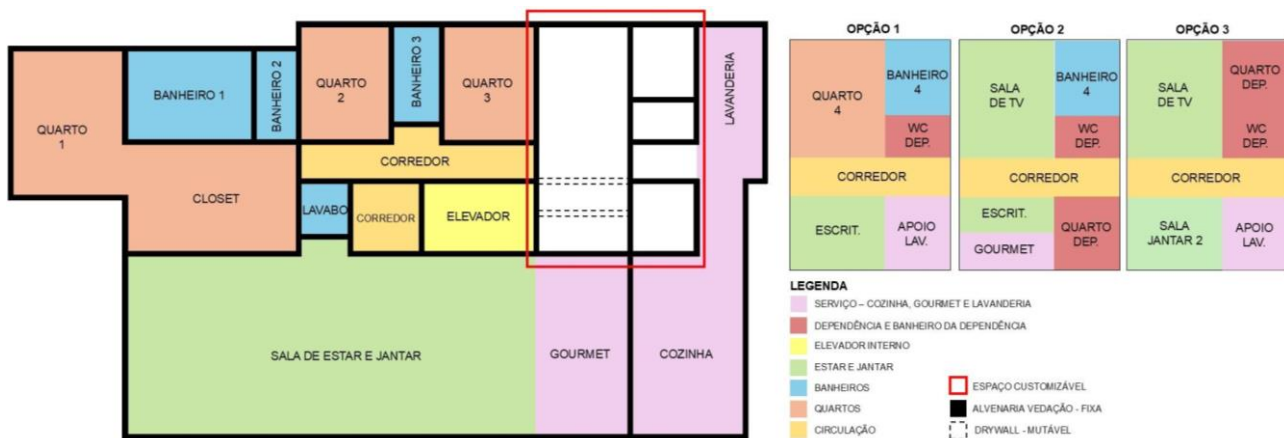
O processo de pesquisa foi dividido em duas etapas, quais sejam: (i) estudo exploratório para compreender a adoção de práticas de PDP na empresa A; e (ii) avaliação das interações entre o PDP e o PCP, com foco nas estratégias e práticas. Diferentes fontes de evidência foram utilizadas para permitir triangulação (Jorgensen 1989; Crandall *et al.* 2006): consulta a documentos de planos de curto prazo e plantas baixas dos apartamentos, observações participantes na obra, escritório e em reuniões de planejamento de curto prazo (cerca de 20 horas), e quatro entrevistas semiestruturadas com o gerente de projetos, o gestor da obra, o auxiliar de engenharia e o especialista em planejamento e orçamento (cerca de 4 horas totais).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO

O edifício possuía duas tipologias de apartamento, sendo a menor com 333 m<sup>2</sup> e a maior com 378 m<sup>2</sup> de área construída. Para cada tipologia, a empresa A oferecia aos clientes três opções de planta baixa, as quais poderiam ser escolhidas no momento da aquisição do imóvel. Todas as opções apresentavam ao menos três quartos, três banheiros, um lavabo, sala de estar integrada ao ambiente gourmet, cozinha, lavanderia e espaços de circulação. Os clientes poderiam escolher entre adicionar mais uma suíte e um escritório (opção 1), uma sala de TV com banheiro, escritório e dependência (opção 2) ou uma sala de TV com dependência completa e uma segunda sala de jantar (opção 3). Dentro do espaço de *layout* customizável, o único item em comum entre as três opções era o banheiro da dependência (Figura 1).

Figura 1: opções de customização de layout para o apartamento de 333 m<sup>2</sup> (sem escala).



Fonte: os Autores.

Além das 3 opções oferecidas pela empresa A, foi decidido aceitar pedidos de personalização tardios em função do alto padrão do empreendimento. Foram realizadas personalizações em áreas fora dos limites do espaço customizável de *layout* ofertado. Ao todo, nove apartamentos foram personalizados de acordo com os requisitos dos clientes em diferentes graus de complexidade. Além de alterações no *layout* (alvenaria cerâmica e *drywall*), também poderiam ser personalizados itens como os revestimentos cerâmicos, pedras, louças, metais, pontos de tomada e tipo de piso. A personalização desses apartamentos foi realizada dentro do departamento de projetos da empresa, o qual foi responsável por alterações nas disciplinas de arquitetura, elétrica e hidrossanitária. Apenas o projeto estrutural foi revisado por um escritório terceirizado, o qual ponderou a necessidade de reforços estruturais devido à mudança das cargas atuantes.

Quanto à prototipagem, a empresa A realizava protótipos de uma série de produtos e soluções construtivas no canteiro de obras como forma de assegurar a qualidade dos produtos entregues e testar a produtividade e atendimento de prazo dos diferentes fornecedores. Ao todo, esse estudo identificou 10 protótipos, quais sejam: (i) formas de madeira; (ii) estrutura de concreto do 1º pavimento tipo; (iii) projeto acústico; (iv) alvenaria de vedação; (v) revestimento de piscina; (vi) instalações elétricas; (vii) aberturas de esquadrias; (viii) revestimento cerâmico; (ix) revestimento de fachada externa; e (x) acabamentos completos de dois apartamentos tipo. O protótipo (x) foi o mais demandante para a equipe de engenharia, pois implicou na antecipação dos serviços de diversos fornecedores de acabamentos, como pinturas e revestimentos, instalações elétricas e hidrossanitárias e esquadrias, em relação ao restante dos pavimentos tipo. Os dois apartamentos do terceiro pavimento foram utilizados para o protótipo (x). Para satisfazer essa gama de protótipos, foi desenvolvido um cronograma para os protótipos diferente do cronograma de longo prazo da obra. Ou seja, as atividades a serem realizadas nos protótipos foram adiantadas em relação ao restante da execução de um determinado serviço, implicando no desmembramento dos serviços em lotes menores e temporalmente espaçados.

### 3.2 INTERAÇÕES ENTRE O PDP E O PCP

Na empresa A, a customização pode ser realizada no momento da compra do imóvel ou até as etapas anteriores ao assentamento da alvenaria cerâmica, onde ocorre o ponto de desacoplamento do pedido do cliente. Assim, a montagem final do produto só é iniciada após a completa definição dos requisitos do cliente. O PCP da obra analisa as exigências do cliente e identifica a sequência mais apropriada de pedidos para reduzir ao máximo as perdas e também faz uma programação de modo a otimizar o processo e a velocidade da produção. Um desafio identificado foi manter a comunicação entre o PCP da obra, outros setores da Empresa A e os clientes para obter maior vantagem da estratégia de customização em massa. Esse desafio foi abordado por Tillmann e Formoso (2008), que identificaram o descumprimento dos prazos para solicitação de alterações como um fator que compromete as metas planejadas pelo PCP ao longo da obra. Além disso, os autores também argumentaram que a falta de comunicação eficiente entre o departamento de vendas e o PCP frequentemente resulta em vendas realizadas sem o repasse das exigências de customização.

Quanto ao recebimento de requisitos tardios de personalização, esse é apenas um dos desafios encontrados na interface entre o PDP e o PCP (Alarcón e Mardones, 1998). A principal dificuldade da empresa A foi disponibilizar as personalizações aos clientes de tal forma que mantivesse o prazo original da obra, sem afetar de forma significativa o PCP. Para tanto, o departamento de projetos propôs a alocação de um *buffer* de um mês entre o recebimento do pedido de personalização e a execução da estrutura de concreto armado do pavimento no qual se localizava a unidade personalizada. Dessa forma, os clientes eram provocados a manifestarem seus requisitos por personalização, pois a empresa não impôs limites a quais itens poderiam ou não ser personalizados, estando o cliente disposto a pagar pelas modificações. O *buffer* estipulado serviu para que o departamento de projetos realizasse as modificações contratadas nas unidades e enviasse-as para o PCP da obra. A partir do recebimento, as modificações eram repassadas às empresas subcontratadas responsáveis pela execução dos serviços e discutidas nas reuniões de curto prazo. Como consequência, impôs-se o desafio de atender às demandas tardias do cliente reveladas no PDP e analisar a viabilidade executiva por parte da equipe de PCP da obra.

A personalização tardia decorrente do PDP impactou o PCP da obra quanto ao acompanhamento dos projetos, já que esses projetos eram específicos para cada pavimento. Houve atrasos por ausência de materiais, pela não padronização da produção e pela redução da capacidade de aprendizado com a repetição dos pavimentos. Essa repetição aumenta a previsibilidade de recursos na etapa de execução, apontada como um fator importante na adoção da estratégia de customização em massa, diferenciando-a da pura personalização (Schramm e Tillmann, 2009). A janela de personalização no presente estudo durou seis meses. Segundo o gerente de projetos *“Foi um aprendizado, pois se nós aguardássemos o cliente trazer as personalizações, eles poderiam vir tarde demais, e tarde demais seria um transtorno.”* As principais preocupações do setor de projetos foram atender tanto à demanda do cliente externo (cliente final) de forma

organizada e transparente quanto às demandas do cliente interno (obra), assegurando a entrega dos projetos a tempo da execução. A relevância e a importância do gerenciamento dos requisitos do cliente é facilitar a conclusão bem-sucedida dos projetos (Jallow, 2014). Neste caso, as alterações de projeto demandadas pelos clientes trouxeram novos requisitos ao longo da etapa de execução da obra.

Quanto à prototipagem de um serviço, essa deve ser realizada com antecipação ao restante das atividades daquele serviço a fim de resultar em maior valor para o PDP. Dessa forma, se materializa a necessidade de dividir diversos recursos valiosos em mais de uma frente de trabalho, como matéria-prima, equipamentos e funcionários. Para atender aos prazos dos protótipos - como por exemplo, a execução completa da alvenaria cerâmica de um apartamento - e aos prazos do PCP, os empreiteiros usualmente dividem as equipes em mais de uma frente de trabalho. Essa dificuldade também foi reportada no estudo de Saffaro *et al.* (2006), que destaca um aumento na percepção da carga de trabalho por parte de gestores de obras com a inclusão da execução de protótipos. Conforme reportado, essa percepção decorreu, em parte, por conta da não remoção de restrições para execução de protótipos no horizonte de médio prazo do *Last Planner System*. Neste estudo de caso, a empresa A realizava a remoção das restrições dos protótipos, tal qual realizado para as demais atividades. Nesse contexto, uma oportunidade identificada no estudo é a integração do cronograma de protótipos ao PCP da obra a fim de obter vantagem da experiência no uso de um sistema estruturado como o *Last Planner System*.

A antecipação da execução de determinadas atividades também gera conflitos contratuais, pois determinadas empresas podem perceber a prática de prototipagem como pouco custo-efetiva e desistir de produzir em pequenos lotes temporalmente espaçados. Neste estudo, essa antecipação afetou a padronização do trabalho e a repetibilidade da execução dos pavimentos tipo e exigiu muitas vezes que as equipes das empresas subcontratadas se repartissem para atender os dois cronogramas. Esse desafio é pouco discutido pela literatura de produção enxuta, recebendo pouco destaque em estudos anteriores como Ballard e Tommelein (2021), Hackett *et al.* (2014) e Salem *et al.* (2005). Outro desafio reside em possuir mais de um fornecedor habilitado para substituir o fornecedor original em caso de troca ou quebra de contrato. Nesse sentido, faz-se necessário balancear as capacidades técnicas dos diferentes fornecedores para assegurar que tanto o protótipo quanto o produto final atinjam os objetivos de prazo, custo e qualidade (Azadegan *et al.* 2021; Baghersad e Zobel, 2022). Uma vantagem da realização de protótipos foi a possibilidade de validar as especificações de projeto, como materiais e acabamentos, tanto pelos departamentos da empresa, como o departamento de qualidade, quanto pelos subcontratados. Um exemplo dessa validação foi descrito pelo analista de engenharia quando o primeiro subcontratado responsável pela execução do contrapiso dos apartamentos protótipos foi substituído por não ser capaz de cumprir o prazo acordado com a empresa A. De acordo com o analista, *“Nós alocamos o empreiteiro do contrapiso um mês antes do que estava planejado para o terceiro andar para entender a produtividade dele. O prazo era de seis dias em um andar, ele demorou mais de um mês.”*

## 4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um estudo exploratório em uma construtora de grande porte a partir da investigação das interações entre estratégias e práticas de PDP e o PCP. Essas estratégias e práticas foram a customização em massa, a gestão de requisitos e a prototipagem. Como principal contribuição teórica, foram discutidos os desafios para cada um desses tópicos em relação ao PCP da obra estudada, que fazia uso do *Last Planner System*. Essa discussão se refere a uma lacuna de estudos a respeito das interações entre o PDP e PCP na literatura de gestão e economia da construção, sugerindo que ao abordar esses desafios de forma integrada, as construtoras podem melhorar significativamente seus processos de PCP, e entregar produtos que atendam às necessidades específicas dos seus clientes finais. Como contribuição prática secundária, o estudo destaca que a interação entre PDP e PCP não apenas potencializa a eficiência e a flexibilidade das operações, como também permite que as empresas se destaquem em um mercado cada vez mais competitivo, que demanda produtos diferenciados e de alta qualidade. Sugestões para trabalhos futuros são estudos de caso (i) em outros cenários organizacionais; (ii) com outros padrões de empreendimento; e (iii) de outras estratégias e práticas de PDP.

## 5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. F.; MARDONES, D. A. Improving the Design-Construction Interface. In: **Proceedings of the 6th annual conference of the international group for lean construction (IGLC), Guarujá, Brazil, 1998.**
- AMORIM, L. G. **Análise de práticas relacionadas à gestão da produção para apoiar a customização em massa em empreendimentos habitacionais.** 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- ANTUNES, R.; GONZALEZ, V. A production model for construction: A theoretical framework. **Buildings**, v. 5, n. 1, p. 209-228, 2015.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: Essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and management**, v. 124, n. 1, p. 11-17, 1998.
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. 2020 **Current process benchmark for the last planner (R) system of project planning and control.** 2021.
- BARROS NETO, J. P.; NOBRE, J. A. P. O processo de desenvolvimento de produto imobiliário: estudo exploratório em uma incorporadora. **Production**, v. 19, p. 87-104, 2009.
- BOSCH-REKVELDT, M. *et al.* Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. **International journal of project Management**, v. 29, n. 6, p. 728-739, 2011.
- CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis. **Cambridge, MA: The MIT Press**, 2006.
- DALLASEGA, P.; MARENGO, E.; REVOLTI, A. Strengths and shortcomings of methodologies for production planning and control of construction projects: a systematic literature review and future perspectives. **Production planning & control**, v. 32, n. 4, p. 257-282, 2021.
- DASTJERDI, A.; TUMER, M. The Effects of Strategic Orientation on Mass Customization Capacity in Iran: The Mediating Role of Intellectual Capital. **SAGE Open**, v. 14, n. 3, p. 1-18, 2024.
- FORMOSO, C. T.; TILLMANN, P. A.; HENTSCHE, C. S. Guidelines for the implementation of mass customization in affordable house-building projects. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 4141, 2022.
- GARIP, E.; ONAY, N. S.; GARIP, S. B. A model for mass customization and flexibility in mass housing units. **Open House International**, v. 46, n. 4, p. 636-650, 2021.
- HACKETT, V. *et al.* Use of a pilot study to assess the development of Virtual First Run Studies (VFRS). In: **International Group for Lean Construction**. p. 1331-1342, 2014.
- JORGENSEN, D. Participant observation: a methodology for human studies. **Thousand Oaks, CA: Sage**, 1989.
- KOSKELA, L.; *et al.* **An exploration towards a production theory and its application to construction.** VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- KWOK, T. H.; *et al.* Mass customization: reuse of digital slicing for additive manufacturing. **Journal of computing and information science in engineering**, v. 17, n. 2, p. 021009, 2017.
- MARTINEZ, E.; TOMMELEIN, I. D.; ALVEAR, A. Integration of lean and information technology to enable a customization strategy in affordable housing. In: **Proceedings of the 25th annual conference of the international group for lean construction (IGLC), Heraklion, Greece**, p. 95-102, 2017.
- MOHAMED, B.; CARBONE, C. Mass customization of housing: A framework for harmonizing individual needs with factory produced housing. **Buildings**, v. 12, n. 7, p. 955, 2022.
- PADUAL, S. R. M.; *et al.* The need for individualization: An open innovation perspective on the case for customized products. **Acta Psychologica**, v. 249, p. 104473, 2024.
- PEREIRA, L. M.; SAFFARO, F. A.; HIROTA, E. H.; SAITO, C. Estudo exploratório comparativo da eficácia entre protótipos físico, analítico 2D e 3D na identificação de inconsistências de projetos. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 29-47, 2015.
- PINE, B. J. **Personalizando produtos e serviços: customização maciça.** Makron, 1994.
- SAFFARO, F. A.; *et al.* Prototyping contributions for production management in construction. In: **Proceedings of the 14th annual conference of the International Group for Lean Construction**, p. 25-27, 2006.
- SALEM, O.; *et al.* Site implementation and assessment of lean construction techniques. **Lean construction journal**, v. 2, n. 2, p. 1-21, 2005.

SCHRAMM, F. K.; TILLMANN, P. A. Redesigning the Production System to Increase Flexibility in House Building Projects. In: **Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, p. 347–358, 2009.

SHARMAN, G. The rediscovery of logistics. **Harvard business review**, v. 62, n. 5, 1984.

SMITH, R.P.; MORROW, J.A. **Product development process modeling**. Design Studies, Oxford, v. 20, p. 237-261, 1999.

TILLMANN, P. A.; FORMOSO, C. T. Opportunities to adopt mass customisation: a case study in the brazilian house building sector. **Proceedings of the 16th annual conference of the international group for lean construction (IGLC), Manchester, Inglaterra**, p. 447-458, 2008.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 2. ed. Nova York: McGraw-Hil. 384p, 2000.

YIN, R. K. Case study research: Design and methods. **Sage**, 2008.