XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8891

Análise do indicador PPC em obra residencial vertical com foco na etapa de personalização das unidades habitacionais

Analysis of the PPC indicator in a vertical residential building with focus on the unit customization phase

Natalia Boche
Instituto de Pesquisas Tecnológicas | São Paulo | Brasil | natalia-boche@outlook.com
Rodrigo Bredof
Instituto de Pesquisas Tecnológicas | São Paulo | Brasil | rodrigo.bredof@ensino.ipt.br

Resumo

Este artigo analisa o desempenho do planejamento de curto prazo em uma obra residencial vertical localizada em São Paulo, com mais de 30 pavimentos. O estudo focou nas etapas finais da obra, durante as quais são executados os serviços de personalização das unidades habitacionais, como instalação de bancadas, revestimentos, cubas e torneiras. Ao longo de cinco semanas, foi monitorado o Percentual de Pacotes Concluídos (PPC), métrica de confiabilidade do Last Planner System, identificando o desempenho e os gargalos dessas atividades no planejamento da obra. Os resultados mostram que, na maior parte do período, o PPC esteve abaixo da média de 78%, refletindo desafios como falhas de cronograma, atrasos na entrega de materiais e dificuldades na mobilização de fornecedores externos. A análise das Razões de Não Cumprimento (RNC) permitiu concluir que a estruturação das etapas de personalização no cronograma de médio prazo e o monitoramento sistemático do PPC contribuem para implementar melhorias estruturais no processo com base nas causas identificadas.

Palavras-chave: PPC. Personalização. Planejamento de obra. Controle da produção de obra.

Abstract

This article analyzes the performance of short-term planning in a high-rise residential building located in São Paulo, with over 30 floors. The study focused on the final stages of the construction process, during which unit customization services were carried out, such as the installation of countertops, wall coverings, sinks, and faucets. Over a five-week period, the Percent Plan Complete (PPC), the main planning reliability metric of the Last Planner System, was monitored to evaluate performance and identify bottlenecks. The results show that, for most of the study period, the PPC remained below the average of 78%, reflecting challenges such as scheduling failures, material delivery delays, and difficulties in mobilizing external suppliers. The analysis of Reasons for Non-Compliance (RNC) concludes that structuring customization phases in the medium-term schedule and systematically monitoring PPC supports the implementation of structural improvements based on the identified root causes.

Keywords: PPC. Customization. Construction planning. Construction production control.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8891

INTRODUÇÃO

O planejamento e controle da produção são fundamentais para garantir o cumprimento dos prazos e a qualidade em obras de construção civil. Nesse contexto, o Percentual de Pacotes Concluídos (PPC), principal métrica de confiabilidade do planejamento no Last Planner System (LPS), tem se destacado como ferramenta eficaz para medir a aderência entre o planejado e o executado no curto prazo, permitindo identificar desvios, gargalos e oportunidades de melhoria no processo produtivo [1][2].

O LPS tem como objetivo aumentar a confiabilidade do planejamento por meio da colaboração entre os envolvidos na execução das tarefas, promovendo o compromisso real com as atividades planejadas. O sistema integra quatro níveis de planejamento, a saber, longo, fases, médio e curto prazo, e busca reduzir a variabilidade na produção, atuando na identificação e mitigação de restrições que afetam o cumprimento dos planos [2][3].

O PPC é calculado pela razão entre o número de atividades concluídas conforme planejado e o total de atividades planejadas para o período, expresso em porcentagem [2]. Sua aplicação possibilita acompanhamento sistemático do progresso da obra e apoia a tomada de decisões para aumentar a eficiência operacional [4]. A análise correta envolve três dimensões: a qualidade das atribuições antes da semana de execução, o cálculo binário ao fim da semana e a análise das Razões de Não Cumprimento (RNC) [5][4].

A escolha de estudar uma fase específica com gargalos no cronograma justifica-se pela necessidade de concentrar esforços de melhoria em pontos críticos que impactam o fluxo da obra [3]. Em empreendimentos residenciais verticais, as etapas finais apresentam maior complexidade, especialmente quando envolvem a personalização das unidades habitacionais, como instalação de bancadas, revestimentos, cubas e metais [6].

A personalização, embora agregue valor ao produto final, tem se tornado um dos principais gargalos no processo construtivo. A variabilidade introduzida pela personalização aumenta a complexidade do planejamento e a coordenação das equipes, gerando retrabalhos, interferências entre disciplinas e atrasos [7][8]. Alterações solicitadas pelos clientes durante a execução podem desorganizar o cronograma e comprometer a previsibilidade da obra [9].

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o desempenho do planejamento de curto prazo na etapa de personalização das unidades habitacionais de uma obra residencial vertical, por meio do monitoramento semanal do PPC e da análise das Razões de Não Cumprimento (RNC), identificando seus principais gargalos e oportunidades de melhoria no planejamento e controle da produção.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8891

REFERENCIAL TEÓRICO

O PPC e sua Análise no Controle de Produção

O PPC é a principal métrica de confiabilidade do planejamento no LPS, cujo desenvolvimento remonta a experimentos do início da década de 1990 [1]. O sistema estrutura-se em quatro níveis: longo prazo (master schedule), que define marcos e caminho crítico de todo o projeto [2]; fases (phase scheduling), detalhado por fase e, em configurações colaborativas, elaborado de trás para frente a partir dos marcos [4]; médio prazo (lookahead planning), janela de seis a oito semanas em que as tarefas são desmembradas, sequenciadas e têm suas restrições removidas antes do comprometimento [10][11]; e curto prazo (weekly work plan), em que os compromissos são assumidos apenas para tarefas sem restrições e o PPC é calculado. A deficiência no médio prazo é apontada como principal causa da fraca ligação entre o plano semanal e o cronograma mestre, enfraquecendo o PPC como métrica de desempenho [11].

O PPC é definido como uma taxa de defeito do sistema de planejamento, não do processo produtivo, calculado pela razão entre atividades concluídas conforme planejado e total planejado [2]. Sua análise envolve três dimensões. A primeira é a qualidade da atribuição: as tarefas devem atender a critérios de solidez, sequenciamento e dimensionamento; se são mal definidas, o PPC mede a imprecisão do plano, não a confiabilidade do planejamento [4][5]. A segunda é o cálculo binário: a tarefa foi 100% concluída no dia comprometido ou não, sem área cinzenta, medindo o desempenho do sistema e não de indivíduos, pois cerca de 94% das falhas são sistêmicas [12]. A terceira, mais negligenciada, é a análise das RNC: as causas devem ser registradas pelos encarregados, analisadas por Pareto e acompanhadas por pelo menos 12 semanas, encerrando o ciclo PDCA e permitindo ações corretivas estruturais [13][14]. Estudos com 25 projetos chilenos mostraram que projetos bem-sucedidos apresentam crescimento significativo do PPC ao longo do tempo, sinal precoce sobre o desempenho final [15].

Personalização de Unidades Habitacionais e seus Impactos na Produção

A personalização de unidades habitacionais, conjunto de adaptações em acabamentos, revestimentos, louças, metais e componentes de interiores executadas por demanda do cliente, representa diferencial competitivo no mercado residencial vertical [16], mas introduz variabilidade significativa no fluxo produtivo, tornando-se um dos principais vetores de desvio nas etapas finais de obra. A construção civil sofre com a falta de fluxo produtivo mensurável e contínuo, agravada pela variabilidade de produto; estudos indicam que até 30% da construção corresponde a retrabalho, com 40 a 60% do potencial da mão de obra aproveitado [9].

A variabilidade da personalização se manifesta em diversidade de especificações por unidade, dependência de fornecedores externos com prazos distintos, sequenciamento complexo entre disciplinas e risco elevado de retrabalho por incompatibilidade de projeto. Pesquisas internacionais sobre mass customization na construção residencial apontam que incorporar as escolhas dos clientes implica

repensar toda a cadeia produtiva e seus efeitos na cadeia de suprimentos [6]; a gestão deficiente dessa coordenação é causa dominante de atrasos e retrabalho em projetos de construção [9][7]. O conceito de kit completo sustenta que nenhuma atividade deveria ser iniciada sem todos os insumos disponíveis, princípio sistematicamente violado na personalização quando há atrasos na entrega ou erros de especificação identificados apenas no momento da instalação [3][9].

A integração dos fornecedores externos ao ciclo do LPS, com agendamento prévio, gestão de restrições no lookahead e comprometimento formal com o plano semanal, é a resposta estrutural a essa vulnerabilidade [2][4]. Estratégias de diferenciação postergada do produto, que adiam ao máximo o ponto de customização de cada unidade, também têm sido propostas para conciliar a personalização com a estabilidade do fluxo produtivo [17]. Evidências empíricas demonstram que projetos conduzidos com práticas lean têm três vezes mais probabilidade de ser concluídos no prazo e duas vezes mais de respeitar o orçamento [18], e revisões sistemáticas confirmam que a eliminação de retrabalho, consequência direta da variabilidade de personalização, é um dos principais benefícios documentados da aplicação do lean construction na construção civil [19].

MÉTODO

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa de estudo de caso [20], de natureza aplicada e abordagem predominantemente quantitativa, complementada pela análise qualitativa das causas de não cumprimento. A unidade de análise foi uma obra residencial vertical localizada na capital do estado de São Paulo com aproximadamente 30 pavimentos, em suas etapas finais, durante as quais são executados os serviços de personalização das unidades habitacionais, como instalação de bancadas, revestimentos, cubas e metais, conforme a escolha dos clientes.

O delineamento da pesquisa compreendeu quatro etapas: (i) definição dos pacotes de serviços de personalização a partir da análise do cronograma existente e da programação semanal da obra; (ii) monitoramento diário do cumprimento e do não cumprimento dos pacotes planejados ao longo de cinco semanas consecutivas, com cálculo semanal do PPC segundo o critério binário de conclusão [2]; (iii) registro e categorização das Razões de Não Cumprimento (RNC) para cada pacote não concluído; e (iv) análise da distribuição das causas por atividade e no agregado do período, confrontando os resultados com a literatura.

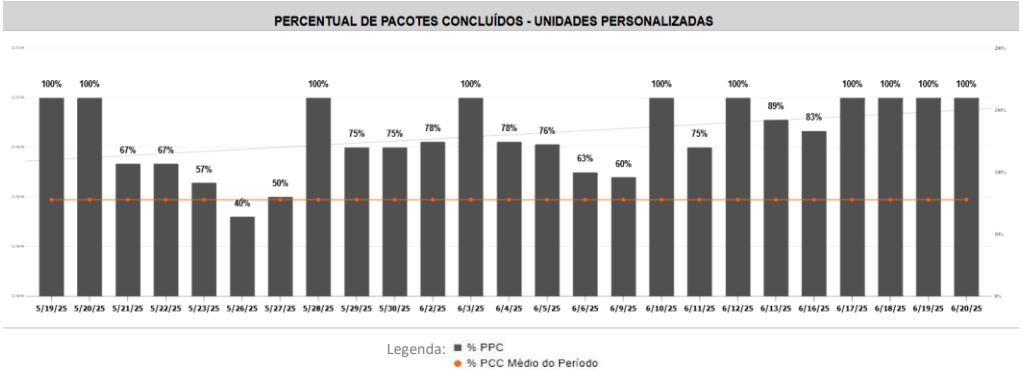
A coleta de dados envolveu a análise documental dos cronogramas semanais, dos registros de execução e dos relatórios de atraso, complementada pelo acompanhamento presencial junto à equipe de planejamento da obra. Esse delineamento possibilitou a identificação de gargalos e desvios no fluxo de trabalho e a proposição de ações corretivas com base nas causas identificadas.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8891

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise do cronograma existente e da programação semanal, foram definidos pacotes de serviços correspondentes às atividades de personalização, com o objetivo de acompanhar diariamente o cumprimento e o não cumprimento das tarefas planejadas, durante cinco semanas de obra. Os resultados são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Percentual de Pacotes Concluídos - Unidades Personalizadas



Fonte: Os autores.

Tabela 1: PPC Médio Semanal

Semanas	PPC médio
1ª Semana	78%
2ª Semana	68%
3ª Semana	79%
4ª Semana	85%
5ª Semana	97%
Média do Período	**78%**

Fonte: Os autores.

O monitoramento do PPC ao longo das cinco semanas evidenciou variação significativa no desempenho das atividades de personalização. Nas três primeiras semanas, os valores médios ficaram em torno de 68% e 79%, apontando o não cumprimento de pacotes planejados. Nas semanas finais, observou-se aumento gradual, chegando a 97%, resultando em PPC médio do período de 78%. Esse comportamento é coerente com o que a literatura descreve sobre a curva de aprendizado do LPS: a reaplicação sistemática do ciclo de planejamento semanal resulta em ganhos progressivos de desempenho a cada iteração [13].

As principais causas do não cumprimento dos pacotes foram levantadas e mapeadas na Tabela 2.

Tabela 2: Comparativo de Causas

ATIVIDADES MONITORADAS	CATEGORIAS DE CAUSAS							Totais de Causas	% de Causas
	Erro de Especificação	Erro de Fabricação	Erro de Instalação	Erro de Cronograma	Falha na Entrega	Falha de Mobilização Inicial	Falha na Atividade Predecessora		
Bancadas	5	1	1					7	8%
	71%	14%	14%						
Louças			5	6	2			13	14%
			38%	46%	15%				
Revestimentos Cerâmicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Baguetes e Soleiras			5	13	4			22	24%
			23%	59%	18%				
Metais			4	1	1		3	9	10%
			44%	11%	11%		33%		
Piso Vinílico						22		22	24%
						100%			
Fechadura Eletrônica				11		4	3	18	20%
				61%		22%	17%		
Totais	5	1	15	31	7	26	6	91	100%
%	5%	1%	16%	34%	8%	29%	7%		

Fonte: Os autores.

Com base na análise da Tabela 2, as causas foram classificadas em sete categorias: erro de especificação, referente à ausência ou falha no detalhamento dos materiais; erro de fabricação, caracterizado por defeitos nos materiais recebidos; erro de instalação, relacionado a execução inadequada dos serviços; erro de cronograma, evidenciando falhas na integração das atividades previstas; falha na entrega, associada a atrasos logísticos; falha de mobilização inicial, decorrente da ausência de agendamento ou preparação das equipes; e falha na atividade predecessora, quando há inexecução ou atraso de etapas anteriores que impactam a atividade subsequente.

Atividade 1 – Bancadas: 8% do total de causas. Desse total, 71% foram erros de especificação, 14% erros de fabricação e 14% erros de instalação. A maioria das falhas decorreu da ausência de especificação adequada antes do início da atividade, reafirmando o princípio do kit completo [3].

Atividade 2, Louças: 14% do total de causas. Foram identificados 38% de erros de instalação, 46% de erros no cronograma e 15% de falhas nos prazos de entrega. A predominância de erros de cronograma aponta para deficiências no lookahead planning que alimenta o plano semanal [11].

Atividade 3 – Revestimentos Cerâmicos: não apresentou erros ou falhas, constituindo o único pacote com PPC de 100% ao longo do período monitorado.

Atividade 4 – Baguetes e Soleiras: 24% do total de causas. Foram identificados 23% de erros de instalação, 59% de erros no cronograma e 18% de falhas nos prazos de entrega. A alta incidência de erros de cronograma evidencia que a integração desse pacote ao planejamento de médio prazo é insuficiente.

Atividade 5 – Metais: 10% do total de causas. Foram identificados 44% de erros de instalação, 11% de erros no cronograma, 11% de falhas nos prazos de entrega e 33% de falhas nas atividades predecessoras. A participação expressiva de falhas de predecessora indica deficiências no sequenciamento, categoria crítica para a confiabilidade do fluxo [5].

Atividade 6 – Piso Vinílico: 24% do total de causas, sendo 100% falhas na mobilização inicial, com programação do fornecedor fora do cronograma. Esse resultado ilustra a fragilidade da integração de fornecedores externos ao ciclo do LPS [2][18].

Atividade 7 – Fechadura Eletrônica: 20% do total de causas. Foram identificados 61% de erros no cronograma, 22% de falhas na mobilização inicial e 17% de falhas na atividade predecessora.

Em análise geral, 34% das causas foram erros no cronograma da obra; 29% falhas na mobilização inicial de fornecedores externos; 16% erros de instalação; 8% atrasos nas entregas; 7% problemas nas atividades predecessoras; 5% falhas nas especificações; e 1% erros de fabricação. Esses resultados são consistentes com os padrões identificados na literatura sobre causas de não cumprimento em obras de acabamento e personalização [7][8]: a predominância de causas relacionadas a cronograma e mobilização reflete a dificuldade estrutural de integrar fornecedores externos ao ciclo de planejamento semanal da obra.

A partir do mapeamento e da categorização das causas, foram implementadas ações corretivas ao longo do próprio período monitorado, o que ajuda a explicar a evolução do PPC nas semanas finais. Entre os exemplos, destacam-se: a conferência antecipada das especificações de bancadas junto ao fornecedor, antes da liberação do pacote para execução, em atendimento ao princípio do kit completo [3]; a inclusão formal dos pacotes de personalização e de seus fornecedores externos no planejamento de médio prazo, com agendamento prévio da mobilização do fornecedor de piso vinílico; a revisão do sequenciamento entre os metais e suas atividades predecessoras; e a participação dos fornecedores externos nas reuniões semanais de programação, formalizando o comprometimento com o plano semanal [2][4].

CONCLUSÕES

O PPC demonstrou ser ferramenta eficaz para identificar falhas na execução e monitorar o impacto das ações corretivas. Ao permitir a medição objetiva da aderência entre o planejado e o executado, o PPC fornece subsídios relevantes para análise, tomada de decisão e ajustes no planejamento de curto prazo [2][4]. Ressalta-se, porém, que o PPC tem papel diagnóstico: mede a confiabilidade do plano, mas não organiza a personalização sozinho. Sua contribuição cresce quando articulado às demais funções do Last Planner, sobretudo a gestão de restrições no médio prazo e a análise das RNC, sem que nenhuma delas, isolada, elimine a variabilidade dessas atividades.

No caso estudado, durante as cinco semanas de monitoramento, a maior parte dos dias apresentou PPC inferior à média do período (78%). As principais causas foram falhas de cronograma (34%), dificuldades de mobilização de fornecedores externos (29%) e erros de instalação (16%), além de atrasos na entrega de materiais (8%). Após o mapeamento e categorização das causas, houve avanço progressivo nos resultados, chegando a 97%, embora as causas não tenham sido completamente eliminadas. Esse comportamento confirma o que a literatura descreve sobre ganhos progressivos de confiabilidade obtidos pela reaplicação sistemática do ciclo de planejamento [13] (78%). A análise permite concluir que os principais entraves estão associados à falha de integração entre planejamento e execução, revelando lacunas nos processos, especialmente na gestão da personalização das unidades. A predominância de causas

ligadas ao cronograma e à mobilização de fornecedores externos evidencia que a personalização demanda tratamento específico no planejamento de médio prazo, com inclusão formal desses fornecedores no ciclo do LPS e gestão proativa de restrições antes do comprometimento semanal [5][4].

Esses achados dialogam diretamente com a literatura apresentada no referencial teórico. A predominância de erros de cronograma converge com o diagnóstico de que deficiências no planejamento de médio prazo enfraquecem a ligação entre o plano semanal e o cronograma mestre [11]; a elevada participação de falhas de mobilização de fornecedores externos confirma a gestão deficiente da coordenação da cadeia de suprimentos como causa dominante de atrasos [9][7]; e as falhas de especificação reafirmam a violação do princípio do kit completo [3]. A trajetória ascendente do PPC observada no período converge, ainda, com o padrão de crescimento identificado em projetos bem-sucedidos [15]. Por outro lado, o desempenho de 100% do pacote de revestimentos cerâmicos diverge do comportamento dos demais pacotes e sugere que a variabilidade se concentra nos serviços com maior dependência de fornecedores externos, aspecto menos explorado pela literatura consultada.

Os resultados reforçam a importância de alinhar planejamento e execução de forma integrada, com base nas causas analisadas, para promover ganhos de eficiência na fase final da construção. Reconhece-se, contudo, que os achados decorrem de um estudo de caso único, monitorado por um período restrito de cinco semanas, de modo que devem ser interpretados como evidências preliminares, não generalizáveis para outros contextos. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar o período de monitoramento, incluir múltiplas obras e investigar o impacto da integração formal de fornecedores ao ciclo do LPS sobre o PPC na personalização.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] DANIEL, E. I. et al. The history of the development of the Last Planner System. **Lean Construction Blog**, 2017. Disponível em: leanconstructionblog.com. Acesso em: abr. 2026.

[2] BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. 272 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, 2000.

[3] KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings [...]** Berkeley: IGLC, 1999. p. 241-252.

[4] BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Current Process Benchmark for the Last Planner System**. Berkeley: Project Production Systems Laboratory, P2SL, University of California, 2016. Disponível em: p2sl.berkeley.edu.

[5] BALLARD, G.; HOWELL, G. An update on Last Planner. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings [...]** Blacksburg: IGLC, 2003.

[6] NAHMENS, I.; MULLENS, M. A. Mass customization in homebuilding: is there a relationship between product variety and lean production? **International Journal of Construction Education and Research**, v. 5, n. 4, p. 257-275, 2009.

[7] ALSEHAIMI, A.; KOSKELA, L. Inadequate project management as a reason for delay in construction: a literature review. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., 2008, Manchester. **Proceedings [...]** Manchester: IGLC, 2008.

[8] EZZAT, H. A. et al. Investigating the application of one piece flow from lean manufacturing in the construction delivery of mass housing projects. **PLoS ONE**, v. 20, n. 5, 2025. DOI: 10.1371/journal.pone.0320398.

[9] KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report No. 72. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1992.

[10] HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Rethinking lookahead planning to optimize construction workflow. **Lean Construction Journal**, p. 15-34, 2012.

[11] HAMZEH, F. R. **Improving Construction Workflow: The Role of Production Planning and Control**. 2009. Tese (Doutorado) - University of California, Berkeley, 2009.

[12] TSAO, C. C. Y. et al. 5 levels of the Last Planner System: "Should, Can, Will, Did and Learn". **Lean Construction Blog**, 2014. Disponível em: leanconstructionblog.com. Acesso em: abr. 2026.

[13] FIALLO, M. C.; REVELO, V. H. Applying the Last Planner control system to a construction project: a case study in Quito, Ecuador. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings [...]** Gramado: IGLC, 2002. p. 1-11.

[14] ZANDY, K. Root cause analysis: 3 must-dos after scoring Percent Plan Complete. **The Lean Builder**, 2023. Disponível em: theleanbuilder.com. Acesso em: abr. 2026.

[15] GONZALEZ, V. et al. Using Percent Plan Complete for early success assessment in the Last Planner System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 22., 2014, Oslo. **Proceedings [...]** Oslo: IGLC, 2014.

[16] ROCHA, C. G. da. **A conceptual framework for defining customisation strategies in the house-building sector**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

[17] ROCHA, C. G.; KEMMER, S. Method to implement delayed product differentiation in construction of high-rise apartment building projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 6, 2014. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000758.

[18] ASLAM, M. et al. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123295, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123295.

[19] SINGH, A. et al. Implementation of lean construction to reduce rework in construction projects: a systematic literature review. In: **Lecture Notes in Civil Engineering**, v. 282. Singapore: Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-5455-1_18.

[20] YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.