REPENSANDO O JOGO *PARADE OF TRADES*: CONSTRUÇÃO SEQUENCIAL COM BLOCOS DE LEGO

Rethinking the *Parade of Trades* Game: Sequential Construction with Lego Blocks

Luiz Fernando Mahlmann Heineck
Universidade Estadual do Ceará | Fortaleza, CE | luiz.heineck@uece.br

Madalena Osório Leite
Universidade de Fortaleza | Fortaleza, CE | madalenaosorioleite@unifor.br

Antonio Nunes de Miranda Filho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, CE | anmirandaf@yahoo.com.br

RESUMO

Este estudo propõe a adaptação do modelo Parade of Trades para um jogo didático utilizando blocos LEGO®, com o objetivo de simular os impactos da variabilidade produtiva na construção civil. A metodologia envolveu a construção sequencial de compartimentos por grupos de estudantes, utilizando dados com média constante e diferentes níveis de dispersão. Foram simulados três cenários: variabilidade nula, moderada e alta. A dinâmica permitiu observar que a estabilidade produtiva resultou em fluxos contínuos e sincronizados, enquanto a alta variabilidade gerou interrupções, gargalos e perda de desempenho. O uso de dados com mesma média foi fundamental para isolar o efeito da variabilidade, permitindo uma análise controlada dos impactos da dispersão sobre a produtividade. Os resultados evidenciaram como oscilações individuais, mesmo pequenas, podem comprometer o andamento de processos interdependentes. A atividade reforçou a importância da coordenação entre frentes de trabalho e da regularidade no ritmo de produção. A proposta se mostrou eficaz para aproximar estudantes da dinâmica real dos canteiros de obras, promovendo a compreensão prática de conceitos relacionados à gestão de fluxo de produção e controle de variabilidade em projetos de construção civil. Em comparação com a simulação computacional, a adaptação com blocos LEGO® favoreceu maior engajamento dos alunos e proporcionou uma visualização concreta dos efeitos da variabilidade, tornando a aprendizagem mais acessível e interativa.

Palavras-chave: Variabilidade; Construção; Jogos; Ensino.

ABSTRACT

This study proposes the adaptation of the Parade of Trades model into a didactic game using LEGO® blocks, with the aim of simulating the impacts of production variability in civil construction. The methodology involved the sequential construction of compartments by student groups, using dice with a constant average and different levels of dispersion. Three scenarios were simulated: null, moderate, and high variability. The activity showed that production stability resulted in continuous and synchronized flows, while high variability led to interruptions, bottlenecks, and performance losses. The use of dice with the same average was essential to isolate the effect of variability, allowing a controlled analysis of the impacts of dispersion on productivity. The results highlighted how even small individual fluctuations can compromise the progress of interdependent processes. The activity reinforced the importance of coordination between work fronts and consistency in production pace. The proposed approach proved effective in bringing students closer to the real dynamics of construction sites, promoting practical understanding of concepts related to production flow management and variability control in civil construction projects. Compared to the computational simulation, the LEGO® block adaptation fostered greater student engagement and provided a tangible visualization of variability effects, making learning more accessible and interactive.

Keywords: Variability; Construction; Games; Education.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de conceitos relacionados à produtividade, fluxo de trabalho e variabilidade nos processos construtivos representa um desafio recorrente nos cursos de engenharia civil. A complexidade dos sistemas produtivos dificulta a internalização de temas como interdependência entre atividades, impactos de gargalos e perdas por espera. Nesse contexto, metodologias ativas de aprendizagem, como o uso de jogos didáticos, têm se mostrado eficazes por promoverem maior engajamento, participação crítica e aprendizagem significativa (Freire *et al.*, 2017). Além disso, essas ferramentas lúdicas permitem a simulação de situações práticas em ambiente controlado, aproximando a teoria da vivência do canteiro.

Em ambientes tradicionais de produção, observa-se com frequência a formação de gargalos, tempos ociosos e descompassos entre atividades interdependentes. A variabilidade, quando não controlada, tende a se propagar ao longo das etapas construtivas, afetando negativamente a eficiência global do sistema (Hamzeh; Ballard, 2007). Nesse contexto, o modelo *Parade of Trades*, desenvolvido por Iris Tommelein, oferece uma representação clara dos efeitos da variabilidade sobre o desempenho das equipes em cadeias de produção sequenciais (Tommelein, 1998).

O modelo *Parade of Trades* foi inicialmente concebido como uma simulação computacional que permite visualizar a dinâmica entre diferentes frentes de trabalho em um canteiro de obras. Nele, cada equipe representa um *trade* e executa uma tarefa específica, em sequência com as demais. A produtividade de cada equipe é simulada com base em parâmetros estatísticos, e os resultados evidenciam como pequenas flutuações no desempenho individual podem comprometer o fluxo coletivo, gerando atrasos e perdas operacionais. O modelo tem sido amplamente utilizado em contextos acadêmicos e profissionais para demonstrar os benefícios do nivelamento da produção e da colaboração entre equipes (Tommelein, 1998; Alves; Tsao, 2005).

Este estudo propõe a adaptação do *Parade of Trades* para um formato de jogo didático, que simula a execução de serviços típicos da construção civilcomo fundação, alvenaria, reboco e instalações, por meio da montagem de paredes com blocos LEGO®. O jogo foi estruturado com o objetivo de tornar visível, de forma prática e intuitiva, os efeitos da variabilidade em diferentes cenários produtivos, estimulando a reflexão crítica dos estudantes.

O objetivo deste artigo é demonstrar como a aplicação de jogos educativos pode contribuir para o ensino de conceitos da Construção Enxuta, com ênfase na variabilidade produtiva. A experiência proposta permite a comparação entre execuções com diferentes graus de regularidade, promovendo o aprendizado ativo e aproximando os alunos da realidade dos canteiros de obras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de jogos como instrumento de ensino tem se consolidado como estratégia eficaz para o desenvolvimento de competências técnicas e comportamentais no ensino de engenharia. Metodologias ativas, como jogos didáticos, simuladores e atividades baseadas em problemas, promovem maior engajamento dos estudantes e favorecem a aprendizagem significativa, especialmente quando aplicadas em contextos complexos como o da construção civil (Freire *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021). Estudos recentes indicam que a aprendizagem baseada em jogos melhora a retenção do conteúdo, a capacidade de tomada de decisão e o trabalho colaborativo (Barbosa *et al.*, 2020).

No âmbito da engenharia de produção e da construção civil, a variabilidade é um dos principais entraves à fluidez das operações. Trata-se da diferença entre o desempenho planejado e o realizado, que pode surgir por fatores internos — como ritmos de trabalho distintos entre equipes — ou externos, como atrasos na entrega de materiais ou condições climáticas adversas. A variabilidade reduz a previsibilidade do sistema produtivo e intensifica perdas por espera, retrabalho e movimentações desnecessárias (Campos; Oliveira, 2019). Sua presença exige estratégias de mitigação e controle, que nem sempre são compreendidas pelos alunos nos formatos tradicionais de ensino.

A variabilidade nos processos produtivos é um fator crítico para a eficiência dos sistemas de construção civil. O controle e a redução dessa variabilidade são frequentemente abordados por modelos de planejamento que propõem o encadeamento de atividades de forma mais previsível e coordenada. O *Last Planner System*, por exemplo, introduz ciclos curtos de planejamento e acompanhamento sistemático das restrições, buscando a estabilidade no fluxo de trabalho e a melhoria contínua do desempenho das equipes (Ballard; Tommelein, 2020; Formoso *et al.,* 2019).

A literatura recente tem apontado que a variabilidade, quando negligenciada, compromete não apenas o cronograma físico-financeiro de obras, mas também a saúde organizacional das equipes envolvidas. Segundo Souza e Arbulu (2021), o aumento de interferências e reprogramações tende a gerar estresse, perda de confiança entre as equipes e elevação dos custos indiretos. Por outro lado, autores como Bajjou e Chafi (2018) destacam que estratégias integradas, aliadas ao uso de simulações e visualizações do fluxo produtivo, são eficazes para o controle da variabilidade, sobretudo quando implementadas em ambientes colaborativos.

O modelo *Parade of Trades*, desenvolvido por Tommelein (1998), segue sendo um referencial importante para estudos que analisam o impacto da variabilidade nas cadeias produtivas da construção. Ainda que sua origem esteja na simulação computacional, o modelo tem sido adaptado para diferentes contextos educacionais, permitindo que estudantes e profissionais visualizem os efeitos da interdependência produtiva e da falta de nivelamento. A representação gráfica da produção em sequência e a observação de gargalos tornam o modelo uma ferramenta poderosa para o ensino-aprendizagem de conceitos essenciais da Construção Enxuta.

3 METODOLOGIA

Este estudo utiliza uma abordagem experimental de caráter pedagógico, por meio de um jogo didático inspirado no modelo *Parade of Trades*, adaptado para o ambiente de sala de aula com uso de blocos LEGO®. O objetivo da atividade é simular os efeitos da variabilidade na produtividade das frentes de trabalho, permitindo aos estudantes compreender, na prática, conceitos da Construção Enxuta relacionados a fluxo de trabalho, gargalos produtivos e interdependência entre equipes.

A dinâmica foi aplicada em turmas de graduação em Engenharia Civil, com a participação de grupos de quatro alunos por vez. Cada participante representava uma equipe responsável por uma etapa da construção: fundação, alvenaria, reboco e instalações. Para facilitar a identificação visual, foram utilizados blocos LEGO® de quatro cores distintas, cada uma atribuída a um dos serviços. Os blocos foram previamente separados em recipientes por cor, de forma que cada jogador tivesse acesso apenas ao conjunto correspondente à sua função.

O ambiente de aplicação foi preparado com placas verdes base de 32x32 pinos, sobre as quais os jogadores construíram um compartimento quadrado com seis blocos de comprimento por lado. A construção foi feita em sete fiadas de altura, de modo a simular a progressão vertical do trabalho. Cada jogador ficava responsável por uma das faces do quadrado, representando a execução sequencial de uma frente de trabalho. O jogo é conduzido em rodadas, nas quais os quatro jogadores adicionam blocos simultaneamente, um por vez, seguindo a ordem predefinida dos serviços (fundação → alvenaria → reboco → instalações). Ao final da rodada, todos completam a mesma fiada. Só então é autorizada a construção da fiada seguinte, respeitando o princípio do encadeamento produtivo. Isso garante que o jogo simule uma cadeia de produção em série, onde cada frente depende do desempenho da anterior para dar continuidade à execução.

A quantidade de blocos que cada jogador pode colocar por rodada é definida por um dado. Três cenários distintos de variabilidade foram simulados, utilizando diferentes conjuntos de dados, conforme mostrado no Quadro 1. Em todos os casos, buscou-se manter a média dos valores sorteados igual a 3 blocos por jogada, independentemente da dispersão entre os números. No cenário de variabilidade nula, o dado apresentava todas as faces iguais a 3. No cenário de variabilidade moderada, o dado era composto pelos valores 2, 2, 3, 3, 4 e 4, resultando em uma média similar, mas com pequenas oscilações entre jogadas. Já no cenário de alta variabilidade, as faces 0, 1, 2, 4, 5 e 6 foram utilizadas, mantendo a média de 3, mas com ampla dispersão dos resultados, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Dados manipulados usados no jogo.



Fonte: os autores

Quadro 1: Cenários propostos para o jogo

CENÁRIO	DESCRIÇÃO
Cenário 1	Dado com todas as faces iguais a 3 (valores: 3, 3, 3, 3, 3, 3), garantindo que todos os jogadores produzam exatamente a mesma quantidade de blocos em cada rodada. Esse cenário representa uma produção estável e previsível.
Cenário 2	Dado com faces contendo apenas os valores 2, 2, 3, 3, 4 e 4, mantendo uma média aproximada de 3 blocos por rodada, mas com leve oscilação. Esse cenário representa a variabilidade típica encontrada em canteiros bem organizados.
Cenário 3	Dado com faces contendo os valores 0, 1, 2, 4, 5 e 6, com grande dispersão entre os resultados. Esse cenário simula situações de instabilidade na obra, como atrasos na execução, falhas de coordenação e diferenças bruscas de produtividade entre equipes.

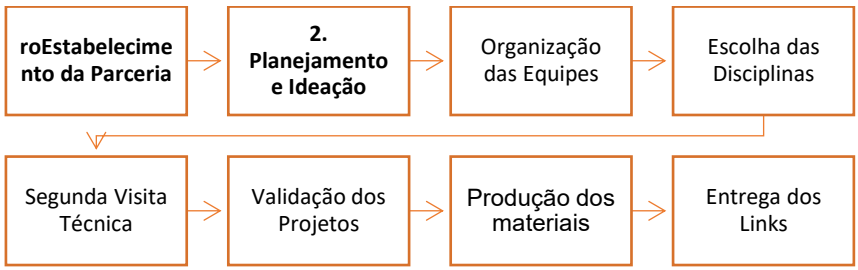
Fonte: os autores

Uma regra fundamental aplicada em todos os cenários é a da limitação de produção: um jogador não pode colocar mais blocos do que foram colocados pelo jogador anterior na rodada anterior. Se, por exemplo, a alvenaria só recebeu dois blocos da fundação na rodada anterior, a alvenaria só poderá adicionar até dois blocos em sua jogada, mesmo que o dado sorteado indique um número superior. Essa regra representa a limitação física e organizacional do canteiro de obras, onde a frente seguinte só pode avançar se houver suporte suficiente da etapa anterior.

Durante o jogo, os alunos registravam os seguintes dados: quantidade de blocos colocados por rodada, número de interrupções (quando o jogador teve que parar por conta da regra de restrição), tempo total para concluir as sete fiadas, e observações sobre dificuldades percebidas. Esses dados foram anotados em uma ficha de controle fornecida pela equipe docente, que também acompanhava cada partida e estimulava a reflexão crítica após a atividade.

A aplicação prática da metodologia foi complementada por uma breve discussão em grupo após cada simulação. Os alunos foram incentivados a refletir sobre como a variabilidade afeta o fluxo de trabalho e como estratégias de padronização e nivelamento poderiam melhorar o desempenho. A atividade teve, portanto, caráter tanto demonstrativo quanto formativo, reforçando conceitos-chave da gestão da produção em obras. As etapas da aplicação do jogo são demonstradas na Figura 2.

Figura 2: Etapas da aplicação do jogo.



Fonte: os autores

A Figura 2 apresenta o fluxograma metodológico adotado para a aplicação do jogo didático com blocos LEGO®, desenvolvido com o objetivo de simular os efeitos da variabilidade na construção civil. Inicialmente, são preparados os materiais necessários, incluindo placas base, blocos separados por cor (correspondente a cada serviço: fundação, alvenaria, reboco e instalações), fichas de registro e dados personalizados para os diferentes níveis de variabilidade. Em seguida, os alunos são organizados em grupos de quatro integrantes, sendo atribuída a cada um a responsabilidade por uma das frentes de trabalho simuladas. Com os grupos formados, procede-se à explicação detalhada das regras do jogo, enfatizando a lógica da construção sequencial e a regra de restrição que impede um jogador de produzir mais blocos do que o seu antecessor. A atividade é então executada em três rodadas distintas, cada uma com um tipo de dado: um com variabilidade nula, outro com variabilidade moderada e um terceiro com alta variabilidade, representando, respectivamente, fluxos estáveis, levemente instáveis e altamente imprevisíveis.

Durante o jogo, os participantes registram a quantidade de blocos colocados, as interrupções por gargalos produtivos, o tempo total de execução e as percepções qualitativas sobre o andamento da simulação. Finalizada a atividade, os grupos comparam os resultados obtidos nos diferentes cenários e discutem os impactos da variabilidade no desempenho coletivo, relacionando os achados com conceitos centrais da Construção Enxuta. Por fim, o exercício é encerrado com uma reflexão orientada, conectando a experiência

prática com a teoria e reforçando os aprendizados sobre gestão de produção e controle de variabilidade em obras.

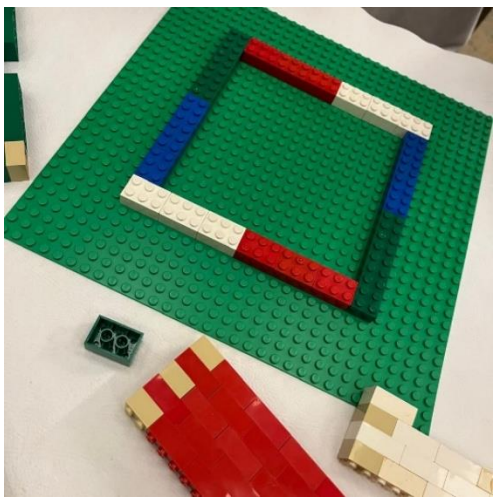
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do jogo didático permitiu observar, de forma prática, os efeitos da variabilidade no desempenho das frentes de trabalho simuladas. Nos três cenários propostos, foram identificadas diferenças significativas no tempo total de execução, no número de interrupções por gargalo e na fluidez do fluxo produtivo. Os dados coletados foram complementados por registros visuais e anotações qualitativas dos participantes, permitindo uma análise abrangente. Observou-se um comportamento progressivamente mais instável à medida que a variabilidade aumentava.

No cenário de variabilidade nula, os grupos concluíram a construção do compartimento em 24 rodadas, sem qualquer interrupção. O fluxo entre os participantes ocorreu de maneira contínua e harmônica, com total alinhamento entre as frentes de trabalho. Embora o lançamento do dado tenha sido mantido por padronização da dinâmica, sua variabilidade nula torna o sorteio meramente simbólico, reforçando o conceito de produção previsível.

Na Figura 3, observa-se a construção do compartimento com blocos LEGO® sob o cenário de variabilidade nula. Nesse caso, todos os jogadores receberam dados com faces idênticas, resultando em uma produção regular e sincronizada. O número de blocos colocados em cada rodada permaneceu constante, favorecendo a estabilidade entre as frentes de trabalho. Como consequência, não ocorreram interrupções nem gargalos no fluxo de execução, e as paredes foram construídas com alinhamento uniforme.

Figura 3: Cenário com Variabilidade Nula.

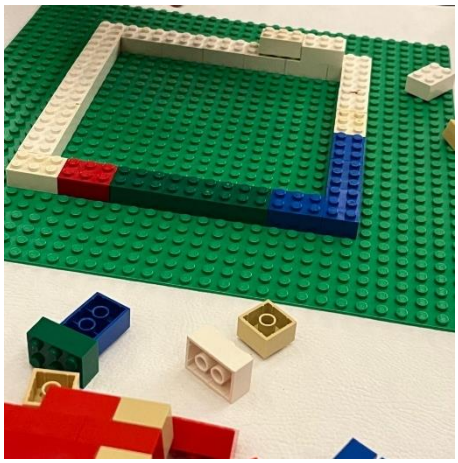


Fonte: os autores

A consistência visual das cores nas quatro faces do quadrado evidencia que não houve necessidade de sobreposição ou substituição de blocos entre equipes, refletindo diretamente a previsibilidade produtiva. Essa organização harmônica reforça o princípio *lean* de nivelamento da produção (*heijunka*), mostrando como a redução da variabilidade contribui para um fluxo contínuo, evitando perdas por espera e retrabalho. Além do nivelamento da produção (*heijunka*), estratégias como padronização de processos, planejamento colaborativo (*Last Planner System*) e buffers estratégicos também são abordagens eficazes para mitigar os impactos da variabilidade. As cores dos blocos estão bem definidas e distribuídas, não há sobreposições, e cada parede se desenvolve na mesma proporção que as demais, representando visualmente a eficiência operacional obtida quando se elimina a variabilidade entre as equipes.

A Figura 4 apresenta a simulação sob o cenário de alta variabilidade, na qual os dados utilizados continham valores com grande dispersão (0, 1, 2, 4, 5 e 6). Essa condição reproduz fielmente o ambiente instável de um canteiro de obras sem padronização, no qual o desempenho de cada frente de trabalho é imprevisível. Como resultado, é possível notar falhas de alinhamento entre as paredes, desníveis entre fiadas e mistura de cores, evidenciando a quebra da organização inicial. A regra de restrição, que impede que um jogador coloque mais blocos do que a equipe anterior, tornou-se um fator determinante para simular os gargalos do canteiro real, provocando interrupções no fluxo de trabalho e períodos de inatividade. Essas paradas geraram acúmulo de blocos não utilizados e atrasos na construção do conjunto, simulando gargalos produtivos comuns em obras reais.

Figura 4: Cenário com Alta Variabilidade.



Fonte: os autores

O Quadro 2 apresenta o registro dos resultados obtidos nos três cenários de variabilidade. Para cada rodada, são mostrados o número sorteado no lançamento dos dados e o número efetivo de peças colocadas, respeitando a regra de encadeamento que limita a produção ao desempenho da frente de trabalho anterior.

Quadro 2: Registro das rodadas nos cenários de variabilidade.

Rodadas	Cores das peças	Variabilidade Nula		Variabilidade Moderada		Alta Variabilidade	
		3 3 3 3 3 3		2 2 3 3 4 4		0 1 2 4 5 6	
		Número dos Dados	Peças colocadas	Número dos Dados	Peças colocadas	Número dos Dados	Peças colocadas
1	Verde	3	3	4	4	2	2
2	Azul	3	3	3	3	2	2
3	Vermelho	3	3	2	2	1	1
4	Branco	3	3	3	2	1	1
5	Verde	3	3	3	3	1	1
6	Azul	3	3	2	2	5	1
7	Vermelho	3	3	3	2	2	1
8	Branco	3	3	2	2	1	1
9	Verde	3	3	4	4	1	1
10	Azul	3	3	3	3	0	1
11	Vermelho	3	3	2	2	4	1
12	Branco	3	3	2	2	0	1
13	Verde	3	3	2	2	4	4
14	Azul	3	3	2	2	4	4
15	Vermelho	3	3	4	2	0	0
16	Branco	3	3	4	2	4	4
17	Verde	3	3	2	2	4	4
18	Azul	3	3	3	2	0	0
19	Vermelho	3	3	2	2	0	0
20	Branco	3	3	2	2	0	0
21	Verde	3	3	2	2	3	3
22	Azul	3	3	4	2	5	3
23	Vermelho	3	3	2	2	4	3
24	Branco	3	3	4	2	2	2
25	Verde			2	1	3	3
26	Azul			2	1	4	3
27	Vermelho			4	1	5	3
28	Branco			4	1	2	3
29	Verde			4		4	
30	Azul			4	3	4	4
31	Vermelho			3	3	0	0
32	Branco			4	3	1	1
33	Verde			3		0	
34	Azul			4		3	0
35	Vermelho			4	2	2	0
36	Branco			4	2	3	0
37	Verde					1	
38	Azul					4	
39	Vermelho					5	1
40	Branco					3	1
41	Verde					5	
42	Azul					0	
43	Vermelho					5	5
44	Branco					3	3
45	Verde					3	
46	Azul					2	
47	Vermelho					3	3
48	Branco					1	1

Fonte: os autores

A análise dos dados revela diferenças claras entre os três cenários. No cenário de variabilidade nula, todos os lançamentos dos dados resultaram no valor 3, garantindo a colocação constante de três blocos por rodada. A conclusão da atividade ocorreu em 24 rodadas, sem interrupções. O fluxo de trabalho manteve-se estável, com ritmos de produção equivalentes entre os serviços representados pelas cores verde, azul, vermelho e branco. Não foram observados gargalos nem paradas, caracterizando um processo produtivo nivelado e previsível.

No cenário de variabilidade moderada, os valores sorteados variaram entre 2, 3 e 4 blocos por jogada. Essa leve oscilação introduziu pequenas variações no número de peças colocadas, mas não comprometeu a continuidade do fluxo produtivo. O compartimento foi finalizado em 36 rodadas, com um leve aumento no tempo de execução. As frentes de trabalho apresentaram diferenças pontuais de desempenho, mantendo, contudo, a capacidade de avançar de forma coordenada. Esse comportamento reproduz as condições de canteiros bem organizados, nos quais variações moderadas de produtividade entre equipes não resultam em atrasos significativos.

Já o cenário de alta variabilidade apresentou ampla dispersão nos valores sorteados, com números entre 0 e 6 blocos por jogada. Essa condição provocou oscilações intensas no ritmo de produção, incluindo rodadas em que nenhum bloco foi colocado. A construção exigiu 48 rodadas, refletindo o impacto acumulado das interrupções. Foram observadas paradas frequentes, descompassos entre equipes e desalinhamentos no progresso das atividades. A simulação reproduziu gargalos, esperas e retrabalhos típicos de ambientes com falhas de planejamento, ausência de padronização e baixa coordenação.

A comparação entre os cenários de variabilidade nula e alta, somada às evidências visuais da atividade, permitiu interpretar de forma clara os impactos da instabilidade produtiva em processos sequenciais. A diferença nos padrões de execução evidenciou a relação direta entre variabilidade e perda de desempenho coletivo. A simulação demonstrou como pequenas flutuações individuais, ao se acumularem, geram efeitos sistêmicos que comprometem o andamento geral da produção. Esse tipo de visualização concreta contribui significativamente para a internalização de conceitos que, embora recorrentes na literatura especializada, tendem a permanecer abstratos sem o suporte de ferramentas práticas e didáticas.

Diferente da simulação computacional original, a versão com blocos LEGO® proporcionou uma experiência sensorial e colaborativa mais rica. A manipulação física dos blocos, associada à visualização imediata dos efeitos da variabilidade, facilitou a assimilação dos conceitos de forma lúdica e envolvente, sobretudo para estudantes com menos familiaridade com modelos matemáticos ou gráficos computacionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

proposta deste estudo consistiu em adaptar o modelo Parade of Trades para um jogo didático utilizando blocos LEGO®, com o objetivo de simular, de forma prática e interativa, os impactos da variabilidade produtiva no fluxo de trabalho da construção civil. A metodologia aplicada permitiu representar diferentes níveis de variabilidade por meio de dados com mesma média, mas distintas dispersões, assegurando uma análise controlada sobre os efeitos da instabilidade nos processos sequenciais de produção.

A dinâmica com LEGO® demonstrou seu potencial como ferramenta pedagógica ao tornar visível e tangível o comportamento dos sistemas produtivos sob diferentes condições. Em especial, o cenário de alta variabilidade evidenciou, de maneira concreta, como flutuações na produtividade individual afetam negativamente o desempenho coletivo. Já os cenários de menor variabilidade destacaram a importância da regularidade e da coordenação entre frentes de trabalho para a manutenção do fluxo.

Mais do que reproduzir resultados conhecidos em simulações computacionais, a atividade com blocos físicos promoveu engajamento, colaboração e reflexão crítica por parte dos estudantes, permitindo que conceitos abstratos fossem vivenciados em tempo real. A experiência tátil e visual com os blocos físicos ampliou o potencial pedagógico do modelo, tornando os conceitos de fluxo e variabilidade mais acessíveis e intuitivos para os estudantes.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. C. L.; TSAO, C. A. Learning about lean construction with a simulation game. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC)**, 13., 2005, Sydney. Proceedings [...]. Sydney: IGLC, 2005. p. 83–91. Disponível em: https://iglc.net/Papers/Details/381. Acesso em: 15 abr. 2025.

BALLARD, G.; HOWELL, G. M. **Shielding production: essential step in production control**. Journal of Construction Engineering and Management, Reston, v. 124, n. 1, p. 11–17, jan./fev. 1998.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Lean management methods for complex projects**. Engineering Project Organization Journal, v. 10, n. 2, p. 89–104, 2020.

CAMPOS, C. M.; OLIVEIRA, R. A. **Variabilidade e produtividade na construção civil: desafios e oportunidades**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 22–36, jul./dez. 2019.

FREIRE, J. M. *et al.* **Jogos didáticos como estratégia de ensino em disciplinas técnicas de engenharia: uma revisão de literatura**. Revista Ensino em Re-Vista, Uberaba, v. 24, n. 3, p. 251–272, 2017.

HAMZEH, F. R.; BALLARD, G. W. W. Planning and control of work in construction: enabling lean implementation. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC)**, 15., 2007, Michigan. Proceedings [...]. Michigan: IGLC, 2007. p. 407–416. Disponível em: https://iglc.net/Papers/Details/621. Acesso em: 15 abr. 2025.

SOUZA, R. M.; ARBULU, R. **Aplicação de ferramentas lean na melhoria do fluxo de produção em obras**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 115–130, 2021.

TOMMELEIN, I. D. **Parade game: impact of work flow variability**. Berkeley: Lean Construction Institute, 1998. Disponível em: https://leanconstruction.org. Acesso em: 15 abr. 2025.