



AVALIAÇÃO DO ENSINO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM ENGENHARIA CIVIL COM GAMIFICAÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6114

Autores: PRISCILA MIRAPALHETE RODEGHERI, CECÍLIA CARNIELLO CORREA, RODRIGO EDUARDO CÓRDOBA, ITAMAR APARECIDO LORENZON, SHEYLA MARA BAPTISTA SERRA

Resumo: A crescente exigência dos clientes da construção civil por qualidade, redução de custos e prazos impulsionou o setor a revisar suas práticas gerenciais. Nesse contexto, os princípios lean production, oriundos da indústria manufatureira, foram adaptados à Construção Civil, formando a abordagem lean construction. Paralelamente, a evolução do perfil do engenheiro impôs novos desafios ao ensino. Em resposta, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais passaram a contemplar competências e habilidades alinhadas ao mercado contemporâneo. Dentre as diretrizes, destaca-se a gamificação, método de aprendizagem ativa que integra teoria e prática, promovendo o engajamento discente. Este artigo relata um experimento com estudantes de Engenharia Civil, com aplicação de questionários antes e após a intervenção, a fim de avaliar conhecimento, motivação e satisfação. Os resultados revelaram que a gamificação foi eficaz, elevando o interesse e o domínio dos princípios lean construction.

Palavras-chave: Princípios lean construction, Satisfação, Jogo

AVALIAÇÃO DO ENSINO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM ENGENHARIA CIVIL COM GAMIFICAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O perfil esperado do engenheiro tem mudado ao longo do tempo e traz desafios ao ensino dentro do curso de graduação em Engenharia Civil (COSTA, 2023). As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) buscam abarcar essa mudança no perfil dos egressos dos cursos de engenharias, através da implementação de atividades profissionalizantes e o uso de metodologias ativas de educação (BRASIL, 2002; COSTA, 2023). Dentre as metodologias ativas, a utilização de jogos sérios, denominada gamificação, possibilita a aprendizagem de forma divertida, colocando em prática teoria e conectando conhecimentos a sentimentos (MAIA & GRAEML, 2015).

Além dos desafios da educação em engenharia, o mercado da construção tem se tornado mais competitivo e exigente, necessitando de sistemas de gestão estruturados que garantam o atingimento da qualidade esperada pelo cliente, com recursos limitados e buscando a redução dos desperdícios (BRAATZ *et al.*, 2020; AKHTAR & SARMAH, 2018). A abordagem de gestão da construção denominada de *Lean Construction* (LC) é baseada no pensamento enxuto, tendo por objetivo garantir o atendimento do valor esperado pelo cliente de qualquer etapa do processo, reduzindo as atividades e os desperdícios (KOSKELA, 1992; BALLARD, 2000). Na proposta original sobre LC, foram postulados 11 princípios, contudo, alguns desses princípios possuem sobreposição segundo alguns autores (FRANCIS & THOMAS, 2020; JOHANSEN *et al.*, 2002; BAJJOU *et al.* 2018; MARU *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a gamificação tem sido amplamente usada no ensino de engenharia, principalmente na área de gestão da construção (BRAATZ *et al.*, 2020; CORREA *et al.*, 2024; ROMANEL & FREITAS, 2012; SAFFARO *et al.*, 2003, LI *et al.*, 2018). Existe ampla gama de jogos voltados para o ensino de LC, contando com exemplos de jogos que focam em ferramentas específicas, como a Linha de Balanço (LOB) (BIOTTO *et al.*, 2021; CHOO & TOMMELEIN, 2019; CORREA *et al.*, 2024; TSAO & HOWELL, 2022), assim como a abordagem de LC de forma ampla, através de seus princípios e premissas (ROMANEL, 2009; ROMANEL & FREITAS, 2012; SAFFARO *et al.*, 2003; JACOBSEN *et al.*, 2021; TOMMELEIN, 2024).

O uso de jogos no ensino contribui para a criação de um vocabulário comum, possibilitando melhor entendimento e compartilhamento de informações, além disso, torna o ambiente mais seguro para críticas e contribuições, sendo mais interessante e memorável, diferentemente de métodos tradicionais de ensino expositivo (TOMMELEIN, 2024; LI *et al.*, 2018). Para a experiência de aprendizado através de jogos, além de um jogo já testado e validado, é importante a estrutura de procedimentos que avaliem o ganho de conhecimento, como testes pré e pós jogo (RODEGHERI *et al.*, 2002; BIOTTO *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2018; CORREA *et al.*, 2024), assim como ferramentas que possam capturar a motivação prévia dos estudantes a participarem de jogos e a satisfação dos participantes com a atividade (BIOTTO *et al.*, 2021; ROMANEL & FREITAS, 2012; LI *et al.*, 2018).

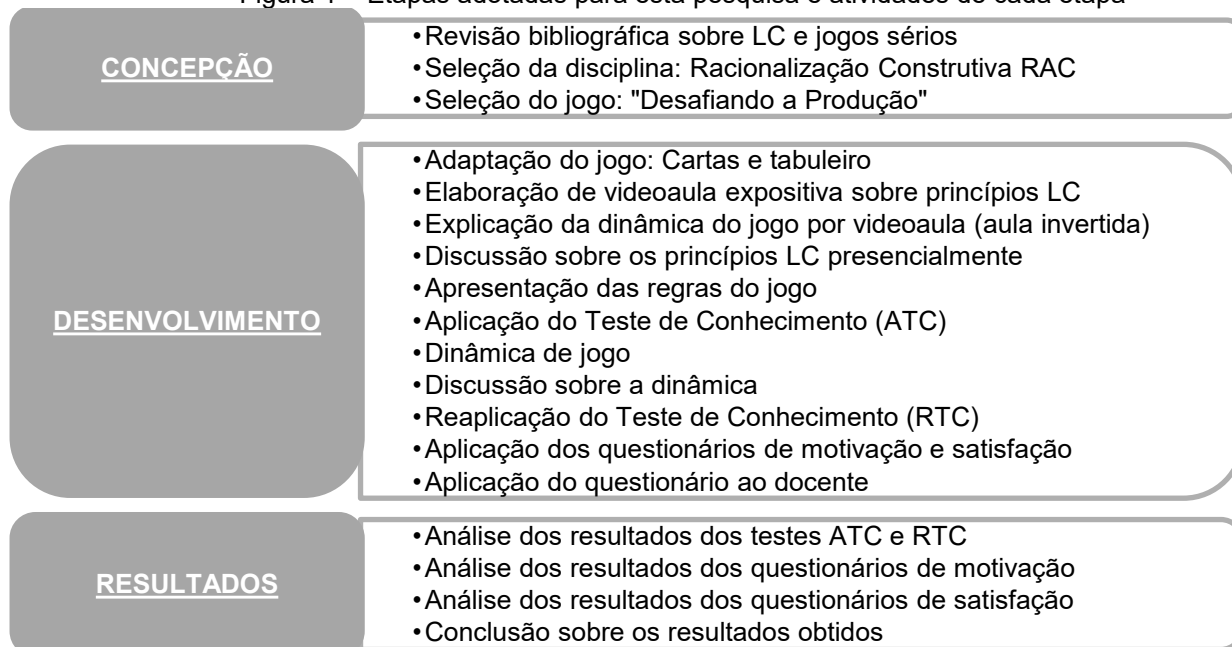
Sendo assim, esse trabalho tem por objetivo principal verificar se a dinâmica de aplicação de um jogo sério colabora com o aprendizado dos estudantes sobre os princípios *Lean Construction*. Para isso, foi selecionada uma disciplina que aborda LC para estudantes dos anos finais do curso de engenharia civil para aplicação da dinâmica de jogo,

contemplando testes de conhecimento pré e pós-jogo. Os procedimentos do pré-jogo que compõe a dinâmica realizada, incluem a seleção e adaptação do jogo, a elaboração de conteúdo expositivo sobre LC e as regras do jogo, elaboração de testes de conhecimento e questionários de motivação e satisfação, assim como aplicação de teste prévio de validação do jogo. Os elementos pós-jogo incluem a discussão sobre a dinâmica e sobre LC, a aplicação de teste e questionários, e a análise dos resultados obtidos.

2 MÉTODO

A fim de atender ao objetivo traçado, essa pesquisa tem cunho exploratório e caráter qualitativo, contando com uma amostra pequena de dados a serem analisados (GIL, 2008). Para o desenvolvimento desta, três grandes etapas foram desenvolvidas: Concepção, Desenvolvimento e Resultados, conforme Figura 1. Inicialmente foi conduzida pelos autores uma revisão bibliográfica sobre LC, o uso de jogos sérios na educação e o uso de jogos vinculados à LC. Posteriormente, através do acesso aos docentes da área de gestão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil, de instituição federal, foram verificadas as disciplinas cuja temática de LC é abordada no ensino da graduação. Foi selecionada a disciplina de Racionalização Construtiva (RAC), que é ministrada para os alunos regulares do 8º semestre do curso. Essa disciplina foi selecionada por ser ministrada a estudantes no final do curso, quando muitos estão dedicados à realização de estágios e à finalização de sua graduação. A disciplina aborda conceitos de industrialização da construção e inovação tecnológica, sendo importante a vinculação da LC com a concepção de racionalização construtiva. Tendo isso em vista, o jogo “Desafiando a Produção”, proposto e validado por Romanel (2009), foi selecionado para a dinâmica, dada a facilidade de explicação sobre suas regras e possibilidade de adaptação ao contexto desejado.

Figura 1 – Etapas adotadas para esta pesquisa e atividades de cada etapa



Fonte: Os autores (2025)

2.1 Jogo “Desafiando a produção” de Romanel (2009)

O jogo “Desafiando a produção” é um jogo de tabuleiro que conta com cartas e um dado, além de um peão para cada jogador. O tabuleiro original não estava disponível para replicação da atividade. Observou-se que o tabuleiro inicial possuía 50 casas divididas em

categorias: numéricas, reflexivas e de perguntas, e de orientação. Para as casas numéricas, nenhuma ação deve ser tomada pelo jogador, para as casas reflexivas e de perguntas, com os símbolos “!” e “?” nos versos das cartas, o jogador deverá pegar uma carta do monte de cartas com mesmo símbolo. Para as casas de orientação, o jogador deve voltar ou avançar casas, respectivamente.

As cartas reflexivas com o símbolo “!” são referentes a eventos que ocorrem na obra, corretos ou errados, a depender do tipo de evento, o jogador deverá avançar ou retornar o número de casas indicados na carta. As cartas com símbolo “?” são referentes a princípios LC e boas práticas no canteiro de obras, a depender do tipo de texto, o jogador deverá avançar determinado número de casas ou ficar uma rodada sem jogar. As cartas “Desafio” contam com uma questão, sua resposta e a ação para caso a resposta esteja correta ou incorreta. Desse modo, se o jogador responder corretamente à pergunta, deve avançar determinado número de casas, se errar, retrocede.

2.2 Adaptação do jogo ao contexto exclusivo dos princípios LC

Observou-se a necessidade de adaptação do tabuleiro e das cartas, a fim de tornar a dinâmica mais rápida e relacionada apenas às temáticas dos princípios LC. Sendo assim, na etapa de Desenvolvimento, o tabuleiro do jogo foi redesenhado para o total de 22 casas jogáveis, nelas foram distribuídas 4 casas para a interação através das cartas “!”, 4 casas para a interação através das cartas “?”, 7 casas para a interação através das cartas “Desafio”, 2 casas de “Avance 1 casa” e 2 casas de “Volte 2 casas”, conforme Figura 2 (c).

Além disso, para o adequado cumprimento dos objetivos traçados nesse trabalho, 34 cartas “Desafio” tiveram seus textos adaptados para compreender exclusivamente os princípios LC. Sendo assim, as cartas “!” e “?” se mantiveram idênticas ao proposto por Romanel (2009), o texto de 34 cartas “Desafio” foi alterado, outras 18 cartas “Desafio” foram utilizadas com o texto original, e 8 cartas não relacionadas aos princípios LC foram excluídas, totalizando 52 cartas “Desafio” para a atual proposta de jogo. Essa alteração pode ser acessada através do material complementar disponível em [Material complementar - COBENGE 2025.pdf](#). O Quadro 1 apresenta os elementos presentes no jogo original e na adaptação proposta.

Figura 2 – (a) Regras do jogo, (b) princípios apresentados aos discentes e (c) imagens da dinâmica Regras do jogo “Desafiando a Produção” – Romanel (2009) Princípios da Construção Enxuta – Koskela (1992)

- | | | | |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Jogar o dado 1 vez e mover o peão o número de casas que der na face superior do dado Se a casa for de (volte ou avance x casas), executar o movimento indicado Se a casa for de (?), ler a carta e executar o movimento indicado Se a casa for de (!), ler a carta e executar o movimento indicado Se a casa for de (DESAFIO), o JOGADOR ANTEIROR deverá ler a pergunta para o jogador em questão e, conforme a resposta certa ou errada, deve executar o movimento indicado | <ul style="list-style-type: none"> Se, após a leitura da carta, o movimento indicado pelas cartas (? ! ou DESAFIO) conduzir o peão a uma casa de (volte ou avance x casas), executar o movimento indicado Se, após a leitura da carta, o movimento indicado pelas cartas (? ! ou DESAFIO) conduzir o peão a uma casa de (? ! ou DESAFIO), NÃO executar a leitura de nova carta e permitir que o próximo jogador utilize os dados Caso acabem as cartas de alguma das pilhas, embaralhe as cartas e as utilize novamente | <ol style="list-style-type: none"> Reduzir as parcelas que não agregam valor; Melhorar o valor dos produtos através das considerações sistemáticas dos clientes; Reduzir a variabilidade; Reduzir o tempo de ciclo; Simplificar e minimizar o número de passos e partes; | <ol style="list-style-type: none"> Melhorar a flexibilidade do produto; Melhorar a transparência do processo; Focar o controle do processo global; Introduzir a melhoria contínua do processo; Balancear o fluxo e a melhoria das conversões; Manter referências de ponta – Benchmarking. |
|--|--|---|---|



Fonte: Os autores (2025)

Quadro 1 – Elementos do jogo original e adaptações propostas

Elementos	Original (ROMANEL, 2009)	Adaptação
Cartas “!”	22 cartas	-
Cartas “?”	37 cartas	-
Cartas “Desafio”	60 cartas	52 cartas: 18 cartas originais; 34 cartas modificadas; 8 cartas não relacionadas aos princípios LC foram excluídas.
Tabuleiro	50 casas: 20 numéricas; 10 “Desafio”; 7 “!”, 7 “?”; 3 avance; 3 volte.	22 casas: 3 numéricas; 7 “Desafio”; 4 “!”, 4 “?”; 2 avance; 2 volte.

Fonte: Os autores (2025)

Após a conclusão das adaptações, o tabuleiro e as cartas foram validados pelo grupo de 3 docentes que integram os professores das disciplinas que ministram os conhecimentos sobre LC. A partir disso, foi elaborado o material para gravação da videoaula e a consequente gravação. Tanto o material como a videoaula foram validados pelos mesmos autores antes da apresentação da dinâmica e envio aos discentes. O experimento aconteceu no começo de 2025 e as datas, duração e quantidade de participantes das dinâmicas são apresentados no Quadro 2.

A explicação sobre a dinâmica proposta para o ensino dos princípios LC na disciplina de RAC foi apresentada uma semana antes da aplicação do jogo, nesse momento também foi liberado o acesso dos discentes à videoaula. No dia da dinâmica proposta, o material utilizado na videoaula foi retomado e discutido brevemente com os estudantes, foram apresentadas as regras do jogo e o objetivo de avaliar a apreensão do conhecimento através desse jogo. Nesse dia a aula foi ministrada em uma sala de aula preparada para aulas expositivas, com 8 mesas lineares para 4 alunos cada, todos voltados para frente da classe, acomodando 32 estudantes. Com isso, ocorreu a Aplicação do Teste de Conhecimento (ATC) para se dar início ao jogo propriamente dito.

Quadro 2 – Data, tempo, atividade da dinâmica proposta e participantes

Data	Tempo	Atividade	Participantes
21/01	15 min	Explicação da dinâmica do jogo e envio da videoaula	22 discentes 1 docente 1 pesquisador
28/01	20 min 10 min 20 min 25 min 25 min 20 min	Discussão sobre os princípios LC presencialmente Apresentação das regras do jogo Aplicação do teste de conhecimento (ATC) Dinâmica de jogo Discussão sobre a dinâmica Reaplicação do teste de conhecimento (RTC)	21 discentes 1 docente 2 pesquisadores
04/02	15 min 15 min	Aplicação dos questionários de motivação e satisfação Aplicação do questionário ao docente	19 discentes 1 docente 1 pesquisador

Fonte: Os autores (2025)

Dado o número de estudantes (22) e o tempo disponível em aula para todas as dinâmicas propostas (120 minutos), optou-se por dividir os discentes em 4 grupos, de 4 a 5 estudantes. Desse modo, foram distribuídos quatro conjuntos compostos de tabuleiro, dado, cartas “!”, cartas “?” e cartas “Desafio”. Durante o tempo de jogo, as regras do jogo e o texto dos 12 princípios LC elencados por Koskela (1992) permaneceram projetados para que os estudantes pudessem consultar, conforme Figura 2 (b). Além disso, dois pesquisadores e o docente se distribuíram e revezaram entre os grupos para garantir a

participação de todos os estudantes na dinâmica, dirimir dúvidas sobre o jogo e, principalmente, motivar e incentivar os estudantes a se esforçarem a responderem as cartas “Desafio”. Após o tempo previsto para o jogo, três dos grupos haviam finalizado o jogo, restando apenas um grupo sem finalizar, optou-se por concluir a dinâmica no tempo previsto para conduzir as demais etapas planejadas.

Após o jogo, foi aberto o momento de discussão sobre a dinâmica, ou seja, sobre o questionário, as regras do jogo, o tabuleiro, as cartas e princípios LC. Ao final da discussão, ocorreu a Reaplicação do Teste de Conhecimento (RTC). Os testes ATC e RTC contavam com 15 perguntas de múltipla escolha, com 5 alternativas cada, acerca dos 12 princípios LC, diferença entre atividades de fluxo e conversão, agregação de valor, estabilização e padronização da produção.

A plataforma digital utilizada para aplicar os testes embaralhava automaticamente as questões e alternativas, sendo assim, a sequência de perguntas e alternativas foi aleatória para cada aluno em cada momento (aplicação e reaplicação). As perguntas e alternativas de resposta dos testes pode ser acessado através do material complementar disponível em [Material complementar - COBENGE 2025.pdf](#). Dada a limitação de tempo de aula, apenas na semana seguinte foi possível aplicar os Questionários de Motivação (QM) e Questionário de Satisfação (QS) dos discentes em relação à dinâmica, baseados em Carvalho (2012), Romanel (2009) e Rebelo (2009), assim como o questionário ao docente.

3 RESULTADOS

Após a conclusão das etapas propostas os pesquisadores e discentes se reuniram e compartilharam suas percepções acerca da dinâmica do jogo. Identificou-se que quando a proposta de jogo foi apresentada, em 21/01, alguns alunos mostraram interesse na dinâmica. Na data de aplicação do jogo, durante a apresentação do conteúdo e das regras do jogo, observou-se que a turma possuía a mesma motivação que nas demais aulas expositivas ocorridas, contudo, a motivação aumentou ao longo da dinâmica do jogo dentre as 4 equipes e esteve muito acima do habitual durante a discussão pós jogo. Nesse momento, diversos alunos manifestaram suas percepções sobre a dinâmica, comportamento que não costumava ocorrer nas aulas expositivas, mesmo quando questionados e provocados a participar da aula.

Durante a dinâmica do jogo e a discussão pós jogo, os estudantes manifestaram descontentamento em relação aos textos longos das cartas, dizendo que precisavam ler mais de uma vez para compreender os questionamentos e a correlação com os princípios LC. Além disso, eles ressaltaram a sobreposição existente entre os princípios, afirmando que erraram algumas das questões, pois dois ou mais princípios eram adequados para responder a uma mesma questão. Sendo assim, foi possível verificar que nessa data os estudantes estavam mais atentos e participativos do que nas tradicionais aulas expositivas.

3.1 Questionários ATC e RTC

No total, foram considerados 21 respondentes aos testes ATC e RTC, identificados por números de 1 a 21 para que seja possível acompanhar as suas métricas sem que haja identificação. Na aplicação ATC, foi autorizado aos estudantes que não respondessem as perguntas cuja respostas eles não sabiam, isso ocorreu a fim de verificar o efetivo conhecimento prévio ao jogo. Sendo assim, na análise das notas individuais, foram consideradas apenas as questões efetivamente respondidas pelos estudantes. Cerca de 10% das questões não foram respondidas pelos estudantes, ou seja, uma média de 2, das 15 questões, por aluno. Para ATC não foi identificada correlação entre o volume de respostas em branco por nota de questão, ou seja, algumas das questões menos respondidas pelos

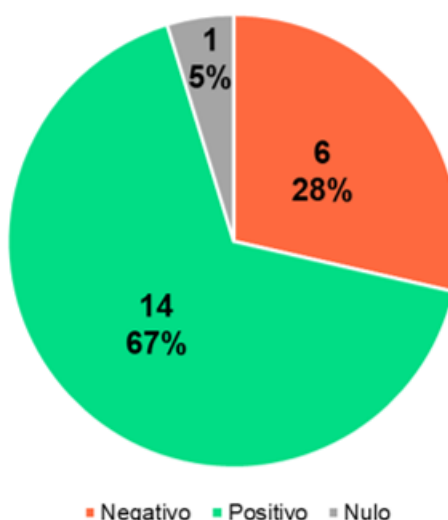
alunos, os que responderam majoritariamente acertaram, assim como outras questões menos respondidas, os estudantes que responderam majoritariamente erraram. Já na reaplicação RTC a resposta a todas as questões era obrigatória aos estudantes.

As notas obtidas pelos alunos, bem como a diferença entre elas, estão apresentadas na Figura 3. Observou-se que 67% dos alunos obtiveram variação positiva das notas após passarem pelo jogo, enquanto 28% obtiveram variação negativa e apenas 5%, equivalente a um aluno, manteve a nota. É importante ressaltar que, apesar das variações negativas, as variações positivas foram muito mais impactantes. Enquanto a maior queda de nota obtida foi de 19%, o maior aumento foi de 160%, ou seja, a nota deste participante mais que dobrou. Dessa forma, a média de variações nas notas foi positiva, de 22%.

Figura 3 – Resultado dos testes ATC e RTC (Diferença absoluta e percentual por estudante)

nº	TC1	TC2	Dif.	%
1	7,3	9,3	2,0	27%
2	7,3	10,0	2,7	36%
3	5,3	5,3	0,0	0%
4	5,0	7,3	2,3	47%
5	9,1	7,3	-1,8	-19%
6	6,7	7,3	0,7	10%
7	7,9	8,7	0,8	10%
8	6,7	8,0	1,3	20%
9	5,7	8,7	3,0	52%
10	3,8	10,0	6,2	160%
11	6,7	8,7	2,0	30%
12	4,6	8,7	4,1	88%
13	5,8	6,7	0,8	14%
14	8,2	6,7	-1,5	-19%
15	7,8	6,7	-1,1	-14%
16	5,7	8,0	2,3	40%
17	6,7	7,3	0,7	10%
18	7,9	6,7	-1,2	-15%
19	7,3	6,0	-1,3	-18%
20	7,7	7,3	-0,4	-5%
21	8,0	9,3	1,3	17%

Diferença absoluta e percentual das notas dos testes TC1 e TC2



Fonte: Os autores (2025)

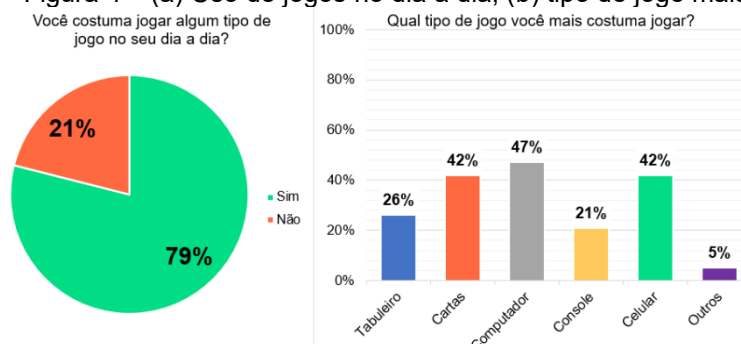
Quando comparado o percentual de acerto das questões de ATC e RTC, verificou-se que 4 tiveram decréscimo de acerto, as questões 1, 10, 11 e 13. Essas questões possuíam elevado percentual de acerto no ATC e tiveram média de 7 pontos percentuais de queda nos acertos no RTC, isso indica que os conhecimentos abordados nessas questões precisam ser reforçados. Além disso, destaca-se que das 5 questões com menos de 50% de acertos no ATC, apenas uma, questão 9, não passou deste percentual de acerto no RTC. Isso mostra que, das questões menos acertadas no ATC, apenas os conceitos da questão 9 não tiveram significativa colaboração do jogo para ganho de aprendizagem.

3.2 Questionário de motivação discente

O QM foi aplicado na semana posterior à dinâmica do jogo e coletou a motivação de 19 estudantes, 79% destes informaram o uso de jogos em seu dia a dia, conforme Figura 4 (a). Dentre os tipos de jogos, os baseados em computador foram os mais frequentes, seguidos de jogos de cartas e de celular, com mesmo percentual, observa-se que jogos de console são os menos jogados dentre as alternativas apresentadas, conforme Figura 4 (b). Quando perguntados sobre o quanto são bons em jogos de agilidade e de raciocínio, a maioria dos estudantes apresentou ser melhor em jogos de raciocínio que em jogos de agilidade, conforme Figura 5. Nenhum estudante afirmou não ter habilidade em jogos, seja de agilidade ou de raciocínio, conforme Figura 5. Quando questionados sobre o motivo de jogarem, majoritariamente afirmou que utiliza o jogo para sair do tédio, liberar o stress e

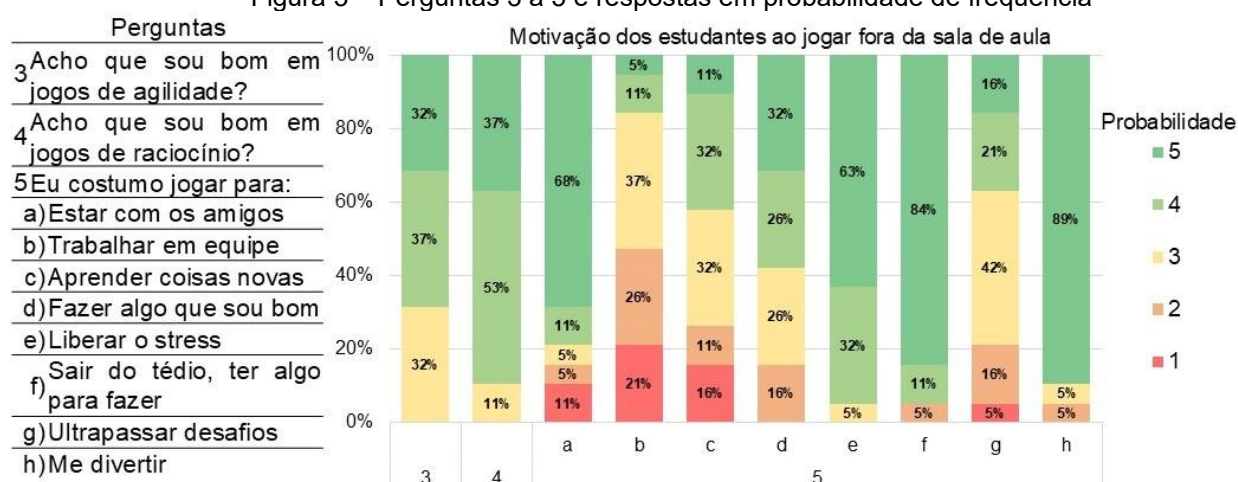
estar entre amigos. Dentre as alternativas apresentadas, a menos selecionada pelos estudantes foi o uso de jogos para trabalhar em equipe, conforme Figura 5.

Figura 4 – (a) Uso de jogos no dia a dia, (b) tipo de jogo mais jogado



Fonte: Os autores (2025)

Figura 5 – Perguntas 3 a 5 e respostas em probabilidade de frequência



Fonte: Os autores (2025)

3.3 Questionário de satisfação discente

O QS foi aplicado juntamente com o QM, na semana seguinte à aplicação do jogo, e coletou a satisfação de 12 alunos. Dos 19 respondentes, sete não responderam metade das questões e, portanto, suas respostas foram desconsideradas. Por meio do QS foi observado que os alunos saíram satisfeitos com o jogo, pois mais da metade dos alunos considerou o jogo como algo “divertido”, “útil” e “interessante”, enquanto apenas dois levantaram características negativas como “complicado” e “confuso” (questão 1). Apesar disso, um deles ainda classificou o jogo como “gostoso de jogar” (questão 1) e ambos consideraram que aprenderam algo novo com o jogo (questão 7).

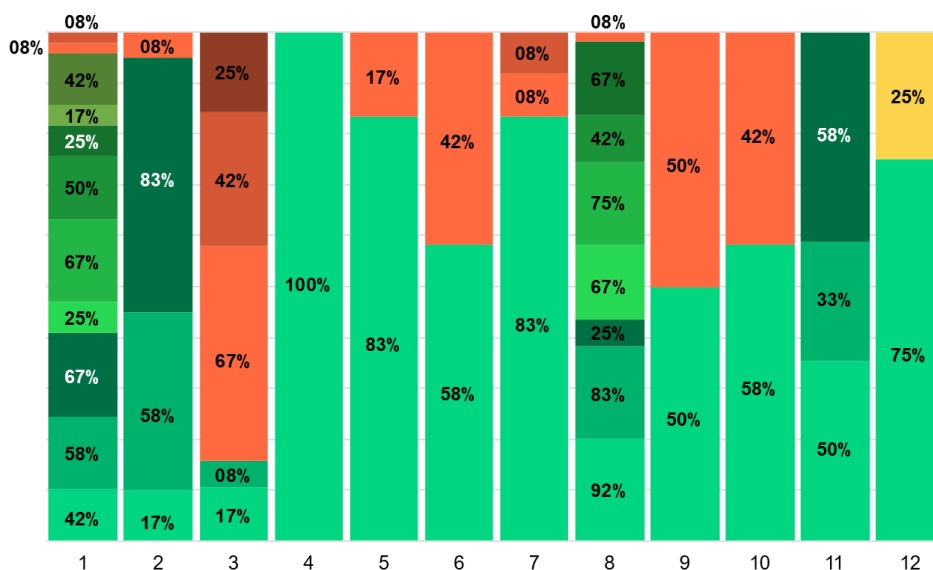
Em relação ao ambiente escolhido (questão 2), a maioria o considerou “organizado” e “adequado ao jogo”, enquanto apenas um o considerou “apertado” e barulhento. Já quanto às cartas, boa parte pontuou que eram “grandes demais”, com textos extensos e “de difícil entendimento”. Ainda em relação aos resultados do QS, a maioria dos alunos julgou positiva a divisão das equipes (questão 4), a explicação das regras do jogo (questão 5) e a apresentação da videoaula expositiva (questão 11), além de considerarem que o jogo o ajudou a compreender o assunto discutido (questão 6). No que diz respeito à avaliação do jogo (questão 8), cerca de 90% consideraram que este método de ensino “ajuda a aprender coisas novas” e “é uma forma de fixar o que já aprendeu em outras ocasiões”.

É importante ressaltar que metade dos alunos já havia tido contato com jogos como método de ensino, principalmente devido à outra experiência gamificada na mesma

universidade (questão 9). Ademais, mais da metade dos alunos também já havia tido contato com o conteúdo abordado nesta pesquisa durante a graduação (questão 10) e todos eles consideraram a possibilidade de usar o conhecimento adquirido, pela aula ou pelo jogo, no futuro da profissão (questão 12).

Essas análises podem ser entendidas com base na Figura 6. É importante ressaltar que nas questões 1, 2, 3, 8 e 11 era possível a marcação de mais de uma alternativa, sendo assim, não somam 100%. Porém, para que a análise visual fosse facilitada, a escala delas foi ajustada. Neste sentido, as respostas positivas estão em tons de verde, as negativas, vermelho, e as intermediárias, amarelo. Ademais, no Quadro 3 é possível observar a relação das alternativas assinaladas no QS. O conteúdo das alternativas que não foram assinaladas por nenhum aluno foi suprimido tanto na Figura 6, quanto no Quadro 3.

Figura 6 – Gráfico de satisfação discente



Fonte: Os autores (2025)

Quadro 3 – Relação das alternativas assinaladas em cada questão do QS

Quest.	Alternativas					
01	Diferente	Divertido	Útil	Motivador	Interessante	Importante
	Gostoso	Fácil	Esclarecedor	Complicado	Confuso	
02	Atraente		Organizado	Adequado		Apertado
03	Compreensível	Simples		Grandes	Incompreensível	Confusas
04	Divisão de equipes suficiente					
05	Regras claras			Regras confusas		
06	O jogo ajudou a compreender LC			O jogo ajudou, mas continuo com dúvidas		
07	Divertido e lembro		Divertido e não lembro		Chato e lembro	
08	Ajuda a fixar		Ajuda a aprender		Ajuda em outras disciplinas	
	Forma de educação e treinamento		Faz ligação entre teoria e prática		Participação ativa	
09	Já tinha jogado algum jogo em sala			É uma forma de se relacionar		
10	Já tive contato com a LC antes			A aula é mais eficaz que o jogo		
11	Interessante		Esclarecedora		Compreensível	
12	Vai usar			Talvez		

Fonte: Os autores (2025)

3.4 Questionário docente

O QD foi aplicado com o intuito de entender a percepção do docente responsável pela disciplina em relação ao jogo. Assim, o professor avaliou que as instruções foram

satisfatórias (questão 1) e julgou que o jogo ajudou os estudantes a compreenderem melhor a teoria da construção enxuta (questão 2), além de aumentar a motivação e o engajamento (questão 3). O docente também considerou o método como eficaz de uma forma geral (questão 4). Por fim, é cogitada a aplicação do jogo “Desafiando a produção” (ROMANEL, 2009) em futuras turmas da disciplina (questão 6), pois, além das características positivas já citadas, o docente pontuou a aplicação como “simples e rápida” (questão 5).

4 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos nos testes ATC e RTC observou-se melhoria na nota individual dos estudantes, assim como melhoria geral no número de acerto de cada questão. Isso mostra que o jogo contribuiu para o aprendizado dos princípios LC, contudo alguns conceitos precisam ser reforçados (BIOTTO *et al.*, 2021; CORREA *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2018; RODEGHERI *et al.*, 2020). Durante o momento de discussão pós jogo, destacam-se os comentários dos estudantes sobre o teste, considerando as “questões longas”, de modo a dificultar a interpretação da pergunta e “com alternativas muito parecidas”, aumentando a possibilidade de erro.

Os resultados do QM demonstraram que os estudantes fazem uso frequente de jogos no seu dia a dia, esse fato contribui com o entusiasmo de participação maior nas dinâmicas relativas ao jogo que em aulas expositivas tradicionais (ROMANEL & FREITAS, 2012; Li *et al.*, 2018). Além disso, o interesse prévio pelo método de ensino adotado colabora ativamente com o aprendizado sobre os princípios LC, fazendo com que o conhecimento seja fixado por mais tempo através da correlação destes com os sentimentos positivos experienciados (TOMMELEIN, 2024; LI *et al.*, 2018; BIOTTO *et al.*, 2021).

O QS também revelou que a experiência foi positiva, sendo que 90% dos estudantes afirmaram acreditar que o jogo contribuiu no aprendizado. Além disso, verificou-se uma participação mais intensa dos estudantes nas dinâmicas que envolveram o jogo do que frequentemente ocorria em aulas expositivas ministradas pelos mesmos docentes. Essa participação colabora com o aprendizado e é um dos motivadores do uso de jogos para o ensino (ROMANEL & FREITAS, 2012; Li *et al.*, 2018; BIOTTO *et al.*, 2021).

Por fim, destacam-se dois comentários principais realizados pelos estudantes na discussão após o jogo. O primeiro trata da sobreposição entre os 11 princípios LC apresentados, essa discussão já é presente no meio acadêmico que pesquisa essa temática (FRANCIS & THOMAS, 2020; JOHANSEN *et al.*, 2002; BAJJOU *et al.*, 2018; MARU *et al.*, 2024). Contudo, é fundamental a compreensão dos desperdícios e o entendimento de como a LC atua para mitigá-los e para otimização de processos, assim como da diferença do entendimento entre atividades de fluxo e conversão e o conceito de atividades que agregam de valor.

O segundo comentário que se destaca a partir da discussão, diz respeito as cartas “Desafio” do jogo. Os estudantes afirmaram que os “textos das perguntas são longos”, causando dificuldade de compreensão e gerando confusão na hora de responder o questionamento. Os pesquisadores identificaram que as cartas “Desafio” originais do jogo de Romanel (2009) possuem perguntas curtas e respostas mais longas e elaboradas, o inverso do que ocorre com as cartas modificadas pelos autores deste trabalho para a adaptação do jogo. Isso demonstra a necessidade de revisão do material proposto para que a dinâmica do jogo seja mais assertiva ao que se propõe.

5 CONCLUSÃO

A partir do proposto neste trabalho e o método adotado para obtenção dos resultados, é possível concluir que a adaptação do jogo “Desafiando a Produção” contribuiu

para que os estudantes da disciplina de RAC consolidassem seus conhecimentos sobre os princípios de LC. Essa conclusão é validada pelos três parâmetros qualitativos aplicados (testes de conhecimento, motivação e satisfação), assim como pelos comentários dos discentes durante o jogo e na discussão ocorrida após a aplicação.

De modo geral, os resultados obtidos nos testes de conhecimento foram maiores em sua reaplicação, tanto quando analisados individualmente os resultados dos estudantes como o resultado por questão, apesar dos comentários negativos dos discentes sobre o questionário. Dado o uso de jogos no dia a dia dos estudantes, a motivação de participação dos mesmos era alta, assim como a satisfação após o jogo, mesmo com as críticas direcionadas as cartas “Desafio”.

Sendo assim, como sugestão de trabalhos futuros, as cartas modificadas devem ser reescritas, de modo a tornar as perguntas sucintas e as respostas elaboradas e completas, assim como as cartas do jogo original. Outra sugestão de trabalhos futuros é a melhoria do questionário utilizado para ATC e RTC, a fim de minimizar a complexidade das questões e garantir a assertividade sobre o princípio que se deseja abordar. Ademais, sugere-se a realização de trabalhos transversais, que verifiquem a apreensão do conhecimento obtido através do jogo em período de mais de um mês após a dinâmica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem também ao Colégio de Instituições de Ensino (CIES), CREA-SP, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, A.; SARMAH, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: a global perspective. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v.186, p. 262-281, 2018.

BALLARD, G. **The Last Planner System of production control**, 2000. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil. The University of Birmingham, Birmingham, 2000. Disponível em: <https://etheses.bham.ac.uk/4789/1/Ballard00PhD.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2025.

BAJJOU, M. S.; CHAFI, A.; ENNADI, A. Development of a Conceptual Framework of Lean Construction Principles: An Input-Output Model. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**. 18:01, 1-34, 2018.

BLINN, N.; ISSA, R. R. A. Integration strategies for advanced construction technologies in the US AECO industry. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s.l.], v.27, p. 109-129, 2022.

BIOTTO, C. N. *et al.* Virtual Parade Game for Lean Teaching and Learning in Students From Brazil and Chile, In: 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2021, Lima. **Proceedings**. Lima. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/1890>. Acesso em: 29 abr. 2025.

BRAATZ, D. *et al.* Uso de jogos e gamificação para ensino e aprendizagem em Engenharia. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. (Org.). **Os desafios para formar os engenheiros do amanhã**. 1. ed. Brasília: ABENGE, 2020. p. 144-187.

BRASIL. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso: 29 abr. 2025.

CARVALHO, C. V. de. Is game-based learning suitable for engineering education? In: 2012 IEEE Global Engineering Education Conference, 2012, Marrakech. **Proceedings**. Marrakech. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6201140>. Acesso em: 29 abr. 2025.

CHOO, H. J.; TOMMELEIN, I. D. Space scheduling using flow analysis. In: 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 1999, Berkeley. **Proceedings**. Berkeley. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/65>. Acesso em: 29 abr. 2025.

CORREA, C.C.; SERRA, S. M. B.; LORENZON, I.A. O uso da gamificação para o ensino da ferramenta de planejamento da Linha de Balanço. In: 52º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2024, Vitória. **Anais**. Vitória. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_artigos.php?cod_trab=5166. Acesso em: 29 abr. 2025.

COSTA, M. A. Estratégias pedagógicas de metodologias ativas: potencialidade e desafios nos cursos de engenharia. In: TONINI, A. M. (Org.) **Educação em engenharia: as competências na formação do engenheiro**. 1. ed. Goiânia: Editora Alta Performance, 2023. p. 148-165.

FRANCIS, A.; THOMAS, A. Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. **Journal of Cleaner Production**. 252, 119913, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed, São Paulo: Editora Atlas, 2008.

JACOBSEN, E.L.; STRANGE N.S.; TEIZER J. Lean construction in a Serious Game using a Multiplayer Virtual Reality Environment. In: 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2021, Lima. **Proceedings**. Lima. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/1869>. Acesso em: 29 abr. 2025.

Johansen, E.; Glimmerveen, H.; Vrijhoef, R. Understanding Lean Construction and How It Penetrates the Industry - A Comparison of the Dissemination of Lean. In: 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2002, Gramado. **Proceedings**. Gramado. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/191>. Acesso em: 29 abr. 2025.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**, 2000. Tese (Doutorado) – Curso de Gestão Industrial. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000. Disponível em: <https://publications.vtt.fi/pdf/publications/2000/P408.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MAIA, R. F.; GRAEML, F. R. Playing and learning with gamification: an in-class concurrent and distributed programming activity. In: 2015 IEEE Frontiers in Education Conference,

2015, El Paso. **Proceedings**. El Paso. Disponível em:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7344135>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MARU, A.; JEKALE, W.; ASTERAY, B. Investigating the impact of lean construction principles on contractors' project performance in Ethiopia using PLS-SEM. **Journal of Project Management**. 9. 227-238, 2024.

ROMANEL, F. B. **Jogo “Desafiando a Produção”**: uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/23815?show=full>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ROMANEL, F. B.; FREITAS, M. do C. D. Jogo “Desafiando a Produção”: ensinando a construção enxuta na construção civil. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 11-21, 2012.

SAFFARO, F. A. *et al.* Discussão de princípios da lean production, através de um jogo didático. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2003, São Carlos. **Anais**. São Carlos.

TSAO, C. C. Y.; HOWELL, G. A. Development of Simulations and Pull Planning for Lean Construction Learning and Implementation. In: 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2022, Edmonton. **Proceedings**. Edmonton. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/2032>. Acesso em: 29 abr. 2025.

EVALUATION OF LEAN CONSTRUCTION TEACHING IN CIVIL ENGINEERING WITH GAMIFICATION

Abstract: *The increasing demand from construction industry clients for quality, cost reduction, and stricter deadlines has driven the industry to review its management practices. In this context, lean production principles, originally from the manufacturing industry, were adapted to Civil Construction, giving rise to the lean construction (LC) approach. At the same time, the evolving profile of engineers has imposed new challenges on education. In response, the new National Curriculum Guidelines in Brazil began to include competencies and skills aligned with current market demands. Among these guidelines, gamification stands out as an active learning method that integrates theory and practice, fostering student engagement. This article conducts an experiment with civil engineering students, involving the application of questionnaires before and after the intervention, aiming to assess knowledge, motivation, and satisfaction. The results indicated that gamification was efficient in increasing student interest and mastery of lean construction principles.*

Keywords: *Lean construction principles; Satisfaction; Game; Higher education; Construction industry.*

