



**DESENVOLVIMENTO DE UM *SERIOUS GAME* - ENSINO DO *LEAN*
*CONSTRUCTION***

MÁRCIO FERNANDO OLIVEIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SERIOUS GAME - ENSINO DO
LEAN CONSTRUCTION**

MÁRCIO FERNANDO OLIVEIRA

ORIENTADORA: MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO
CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: xxxxxxxxx
BRASÍLIA/DF: JULHO – 2024
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

DESENVOLVIMENTO DE UM *SERIOUS GAME* - ENSINO DO *LEAN CONSTRUCTION*

MÁRCIO FERNANDO OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL DO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO POR:

Prof^a. Michele Tereza Marques Carvalho. Dra. (PECC/FT-UnB)
(Orientadora)

Prof. Clóvis Neumann. Dr. (EPR/FT-UnB)
(Examinador Interno)

Prof^a. Clarissa Notariano Biotto. Dra. (DAUD-UFC)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 20 DE JUNHO DE 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, MÁRCIO FERNANDO	
Desenvolvimento de um <i>Serious Game</i> - Ensino do <i>Lean Construction</i> . [Distrito Federal] 2024.	
xvii, 114p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2023).	
Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.	
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1. <i>Lean Construction</i>	2. <i>Serious Game</i>
3. DSR	4. Ensino
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, M. F. (2024). Desenvolvimento de um *Serious Game* - Ensino do Lean Construction. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação XXXXX, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, XXp.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Márcio Fernando Oliveira

TÍTULO: Desenvolvimento de um *Serious Game* - Ensino do *Lean Construction*.

GRAU: Mestre

ANO: 2024

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Márcio Fernando Oliveira
Quadra 204, Lote 09, Bloco A, Águas Claras
71939-540 Brasília – DF – Brasil.

A todos profissionais e pesquisadores do ensino, que têm capacidade de transformar o mundo.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, à minha irmã e demais familiares.

Ao meu parceiro de vida Willian, que me apoiou nesta caminhada, com compreensão das ausências e abdições necessárias ao desenvolvimento e à conclusão deste trabalho.

A todos professores do PECC, especialmente minha orientadora Prof. Michele Tereza, que expressei meu imenso agradecimento neste período de trabalho juntos, pelo incentivo, pela liberdade de desenvolvimento, pelas correções e orientações e, sobretudo, pela confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da banca, pelas colocações pertinentes e valiosas no momento da qualificação do trabalho.

Aos amigos que fiz no PECC, em especial Carol, Fernanda, Rafa e Tiago, que muito me ensinaram e tornaram esta caminhada mais leve e alegre, sendo minhas companhias em muitas noites de estudo.

Às minhas amigas Jéssica Soares e Andrea Avelar, que me incentivaram a concluir este trabalho.

Ao psicólogo Adriel Santana, que me auxiliou psicologicamente nos momentos mais difíceis a conciliar todas as demandas profissionais e acadêmicas, me incentivando a continuar e a concluir este estudo.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UM SERIOUS GAME - ENSINO DO LEAN CONSTRUCTION

Autor: Márcio Fernando Oliveira

Orientadora: Dra. Michele Tereza Marques Carvalho

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, julho de 2024.

Diversos desafios são encontrados no ensino superior, especialmente a motivação, o engajamento, a redução da evasão e a constante necessidade de diálogo com os métodos de comunicação utilizados pelos discentes. Visando contornar os problemas apresentados, a presente pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo de ferramenta educacional baseada em técnicas de gamificação para auxiliar no ensino do conteúdo de *Lean Construction* nos cursos de Engenharia Civil, com foco em melhorar o engajamento, motivação e aprendizagem dos alunos. A metodologia utilizada foi a Design Science Research (DSR), que permitiu o detalhamento do protótipo do jogo "*Work in Lean*", especificando seus objetivos de aprendizagem, metodologias de coleta de informações, feedback e métricas de uso, além de estratégias para promover engajamento e interesse dos participantes. A partir do protótipo desenvolvido, foi realizada uma investigação para avaliar sua eficácia na aprendizagem, demonstrando que o jogo foi capaz de melhorar o processo de ensino e o conhecimento dos alunos sobre *Lean Construction* e, também, de promover o engajamento e a motivação. Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se avaliar a eficiência da combinação entre o uso do jogo e aulas teóricas, pesquisar a receptividade dos docentes em relação aos jogos para ensino e realizar experimentos com diferentes perfis de alunos para compreender suas preferências e resultados.

Palavras-chave: *Lean Construction, serious game, ensino, aprendizagem..*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SERIOUS GAME - TEACHING LEAN CONSTRUCTION

Author: Márcio Fernando Oliveira

Supervisor: Michele Tereza Marques Carvalho

Postgraduate Program in Structures and Civil Construction

Brasília, June of 2024.

Various challenges are encountered in higher education, especially in terms of motivation, engagement, reducing dropout rates, and the ongoing need to align with the communication methods used by students. To address these issues, this research aimed to develop a prototype of an educational tool based on gamification techniques to assist in teaching Lean Construction content in Civil Engineering courses, focusing on improving student engagement, motivation, and learning. The methodology used was Design Science Research (DSR), which allowed for the detailed design of the "Work in Lean" game prototype, specifying its learning objectives, information collection methodologies, feedback and usage metrics, as well as strategies to promote participant engagement and interest. Following the development of the prototype, an investigation was conducted to evaluate its effectiveness in learning, demonstrating that the game improved the teaching process and students' knowledge of Lean Construction, as well as promoted engagement and motivation. For future research, it is suggested to evaluate the efficiency of combining the game with theoretical classes, investigate teachers' receptivity to using games for teaching, and conduct experiments with different student profiles to understand their preferences and outcomes.

Keywords: *Lean Construction, serious game, teaching, learning.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contextualização	14
1.2. Justificativa e motivação	15
1.3. Questões de pesquisa específicas	18
1.4. Objetivos geral e específicos	20
1.5. Hipóteses da pesquisa	21
1.6. Estrutura da dissertação	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. Educação no ensino superior	23
2.1.1. Andradogia	23
2.2. Gamificação do ensino	24
2.2.1. Conceituação	24
2.3. Lean Construction	26
2.4. Engenharia civil e a gamificação para seu ensino	28
2.5. Estado da arte sobre publicações de gamificação em Lean	30
2.5.1. Metodologia de busca e seleção	30
2.5.2. Análise dos artigos	31
2.5.3. Jogos para ensino e sua relação com o desempenho dos estudantes	36
2.5.4. Situação atual do desempenho e da evasão dos estudantes de engenharia civil	47
2.5.5. Principais elementos para desenvolvimento de Games	52
2.5.6. Ensino do Lean Construction por meio de jogos - casos	53
2.6. Considerações Finais	54
3. METODOLOGIA	56
3.1. Condução da pesquisa fundamentada em DSR	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1. Identificação do problema	53
4.2. Projeto e desenvolvimento	55
4.2.1. Objetivos de aprendizagem a serem alcançados	55
4.2.2. Contexto de desenvolvimento	57
4.2.3. Desenvolvimento do protótipo	60
4.2.4. Funcionalidades e dinâmicas de jogo	61
4.2.4.1. Acesso	61
4.2.4.2. Mecânica do Jogo	64
4.2.4.3. Etapas do jogo e seus detalhamentos	65
4.2.4.4. Resumo das etapas	78
4.2.4.5. Metodologia de pontuação	81
4.2.4.6. Metodologia de feedback	82
4.2.4.7. Coleta de informações - tempo de uso/conhecimentos adquiridos	88
4.2.4.8. Mecânica de Leaderboard - ranking	90
4.3. Apresentação e análise dos resultados	91
4.3.1. Validação do artefato	91

4.3.2. Resultados Encontrados	92
4.3.2.1. Aplicação e Amostra	92
4.3.2.3. Principais feedbacks	101
4.4. Contribuições da pesquisa e do protótipo	104
4.5. Considerações finais do capítulo	106
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	109
5.1. Conclusões e limitações da pesquisa	109
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
Apêndice I - Formulação de reação e validação	122
Apêndice II - Plano Geral da Gamificação	126
Apêndice III - Documento de requisitos finais	157

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação entre as funcionalidades do jogo versus núcleo do framework Octalysis	26
Quadro 2 - Tipologias de trabalhos sobre ensino do Lean por meio da gamificação.....	35
Quadro 3 - Competências interdisciplinares por autor.....	38
Quadro 4 - Redução de desempenho médio geral dos estudantes no ENADE.....	48
Quadro 5 - Redução de desempenho médio no ENADE por componente.....	49
Quadro 6 - Tipos de artefatos.....	57
Quadro 7 - Matriz de design instrucional do protótipo.....	58
Quadro 8 - Etapa 1 - Opções de equipamento para escavação.....	66
Quadro 9 - Etapa 1 - Opções de equipamento para transporte.....	67
Quadro 10 - Etapa 1 - Opções de equipamento para compactação.....	67
Quadro 11 - Etapa 3 - Opções de equipamento para perfuração do solo.....	72
Quadro 12 - Etapa 4 - Opções de atividades para organização da base, da estrutura, da alvenaria, da laje e do telhado.....	74
Quadro 13 - Resumo comparativo das etapas do Work in Lean.....	79
Quadro 14 - Instituições consultadas.....	91
Quadro 15 - Bloco 1 de perguntas.....	95
Quadro 16 - Bloco 2 de perguntas.....	97
Quadro 17 - Bloco 3 de perguntas.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo tradicional de produção.....	27
Figura 2 - Publicações por ano.....	32
Figura 3 – Publicações por país.....	33
Figura 4 – Rede bibliométrica.....	34
Figura 5 - Evolução média dos indicadores de trajetória dos ingressantes de 2013 em cursos de graduação – Brasil – 2013-2022.....	50
Figura 6 - Evolução média do indicador de desistência anual (TADA) dos ingressantes de 2013 a 2018 em cursos de graduação, segundo o ano de acompanhamento das respectivas coortes – Brasil – 2013-2022.....	51
Figura 7 – Condução da pesquisa DSR.....	60
Figura 8 – Estrutura metodológica da pesquisa.....	61
Figura 9 - Estrutura do processo de ensino segundo a Taxonomia de Bloom revisada por Krathwohl.....	56
Figura 10 - Projeto residência unifamiliar.....	57
Figura 11 - Informações de acesso e cadastro no jogo.....	62
Figura 12 - Funcionalidades disponíveis no perfil do aluno.....	63
Figura 13 - Funcionalidades disponíveis no perfil do professor.....	64
Figura 14 - Exemplo de diálogo de explicação das etapas.....	65
Figura 15 - Explicação do resultado da Etapa 1.....	68
Figura 16 - Etapa 2 - Explicação e resultado.....	71
Figura 17 - Etapa 3 - Explicação e laudo SPT.....	73
Figura 18 - Etapa 4 - Explicação e resultado da etapa.....	76
Figura 19 - Etapa 5 - Explicação e resultado final.....	78
Figura 20 - Resultado final da etapa: tempo gasto e pontuação.....	82
Figura 21 - Resultado final da etapa: tempo gasto e pontuação.....	83
Figura 22 - Feedback imediato.....	84
Figura 23 - Recursos adicionais - materiais desbloqueáveis.....	85
Figura 24 - Função “Dicas”.....	86
Figura 25 - Feedback ao desenvolvedor.....	87
Figura 26 - Relatório para acompanhamento do desenvolvimento e aproveitamento.....	89
Figura 27 - Ranking.....	90
Figura 28 - Gráfico de análise das respostas do bloco 1.....	96
Figura 29 - Gráfico de análise das respostas do bloco 2.....	98
Figura 30 - Gráfico de análise das respostas do bloco 3.....	100
Figura 31 - Gráfico de probabilidade de recomendação do jogo.....	101
Figura 32 - Gráfico de alcance do aprendizado por meio do jogo.....	101

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
AR	Augmented reality
Censup	Censo de Educação Superior
DSR	Design Science Research
EAD	Ensino à distância
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IVR	Immersive virtual reality
MEC	Ministério da Educação
Sinaes	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
SPT	Standard Penetration Test
STP	Sistema Toyota de Produção
TIC's	Tecnologias da Informação e da Comunicação
UnB	Universidade de Brasília
UNDP	United Nations Development Programme
VR	Virtual reality

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Certamente a compreensão das habilidades e técnicas exigidas para formação nos cursos de engenharia civil é um dos grandes desafios encontrados pelos discentes em sua jornada acadêmica. De fato, além da compreensão dos conteúdos de várias disciplinas, é necessário desenvolver as habilidades essenciais para que o profissional possa utilizar correta e eficazmente os conhecimentos adquiridos no curso.

Dentro do contexto da engenharia, a filosofia *Lean* tem ganhado destaque na indústria da construção civil como uma abordagem que busca maximizar o valor entregue ao cliente, minimizando os desperdícios e otimizando o fluxo de trabalho. No entanto, o ensino dessa filosofia ainda é um desafio, especialmente quando se trata de engajar os alunos e tornar o conteúdo mais atrativo e acessível.

Para alcance dessas necessidades e atendimento das demandas da nova geração de estudantes de nativos digitais, os professores têm adotado, em substituição aos modelos tradicionais de ensino-aprendizagem, novos modelos capazes de estimular o aprendizado e de formar profissionais críticos e reflexivos, que sejam capazes de entender, aplicar e explorar os conhecimentos adquiridos frente às demandas do mercado.

Nessa circunstância, a gamificação tem se mostrado uma abordagem promissora para o ensino, uma vez que pode tornar o aprendizado mais lúdico e envolvente, aumentando a motivação e a participação dos alunos. A gamificação consiste em utilizar elementos de jogos em atividades não-lúdicas, visando estimular o engajamento e a participação dos usuários.

Diante desse cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: como a gamificação pode ser utilizada como ferramenta para o ensino da filosofia *Lean*, especialmente no contexto da construção civil? Para responder a essa questão, é preciso realizar um mapeamento sistemático da literatura, a fim de identificar as principais tendências, abordagens e resultados relacionados à aplicação da gamificação no ensino do *Lean Construction*. A partir disso, por meio da utilização da *Design Science (DSR)*, como abordagem de pesquisa apropriada, é

possível o desenvolvimento de soluções tecnológicas para ambientes educativos, no caso do ensino do *Lean Construction*.

Dentre os benefícios encontrados na utilização da DSR, está a capacidade de aplicação do artefato ou protótipo desenvolvido em mais de um contexto, de modo que, a solução encontrada seja capaz de resolver mais de um problema. Além disso, há um aumento na relevância do estudo desenvolvido ao se utilizar da DSR como metodologia de estruturação da pesquisa, pois os resultados encontrados atuam como uma “prescrição” na solução de problemas reais.

1.2. Justificativa e motivação

A redução do envolvimento dos alunos e a diminuição da motivação durante as aulas tem se tornado comum em grande parte dos cursos do ensino superior. Não diferente dos outros, o problema também atinge o curso de engenharia civil, que tem esses fatos comprovados por meio dos resultados do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE). Por meio da análise do resultado dos três últimos ciclos de avaliação do ENADE para o curso de engenharia civil, percebe-se uma perda do desempenho acadêmico dos discentes, sendo registrada média geral nas provas de 45,8%, 44,8% e 40,16%, respectivamente nos anos de 2014, 2017 e 2019 (INEP, 2014, 2017 e 2019).

Outro ponto relevante que destaca-se na avaliação dos estudantes no ENADE, é a percepção em relação aos conteúdos ensinados em sala com a efetiva prática. Para isso, é realizada a avaliação de concordância ou discordância ao questionamento “O curso favoreceu a articulação do conhecimento teórico com atividades práticas”. O resultado trouxe como média nacional, respectivamente para os anos de 2014, 2017 e 2019, apenas 34,9% 36,9% e 38,2% dos participantes concordando totalmente com a afirmativa. Assim, somados os demais grupos (concordo, concordo parcialmente, discordo e discordo totalmente), tem-se em todos os anos mais de 60% de estudantes que apresentam alguma ressalva ou deficiência em relação à efetividade do conhecimento teórico favorecer a relação com a prática dos cursos de engenharia civil (INEP, 2015, 2018, 2020).

Além disso, outro problema que atinge as instituições de ensino superior é o aumento das taxas de desistência dos cursos pelos discentes. Segundo o relatório do Censo de Educação Superior (Censup) do ano de 2019, as instituições federais de ensino registraram 58% de desistência em seus cursos, acumuladas no período de 10 anos de análise (avaliação nos anos de 2010 a 2019). Os resultados das instituições privadas não se diferenciam muito das instituições federais, para o mesmo período de análise, o total acumulado de desistência dos cursos atinge 62% do total de ingressantes do ano inicial de análise. Já nas instituições estaduais de ensino os índices de desistência são ligeiramente menores, com um percentual total de desistentes de 46% para os mesmos períodos (INEP, 2019). Em que pese haja anualmente a emissão do relatório do Censup, não há informações ou sistema para coleta e registro de dados suficientes e necessários, desenvolvido, monitorado e unificado pelo INEP a partir das informações geradas pelas Instituições de Ensino Superior, para identificar os percentuais de evasão por curso, bem como quais problemas levaram à desistência dos discentes.

Somado aos fatores acima, a concorrência no setor da construção/engenharia civil tem se tornado cada dia mais acirrada. Santos e Santos (2017) afirmam que o crescimento no setor da construção civil, registrado desde o início da década de 2010, atualmente, deu espaço a um ambiente mais incerto, com pouca previsão de rentabilidade para as construtoras. Essa mudança de panorama, torna imperativa a necessidade de as construtoras enfrentarem os diversos desafios e ir em busca de alternativas para reduzir seus custos e maximizar seus lucros, por meio de soluções de investimentos em planejamento e gerenciamento. Assim, as empresas que obtiverem um controle mais eficiente da produção e da qualidade serão mais competitivas e se sustentarão no mercado (Santos e Santos, 2017). Para que isso ocorra, é necessário a formação de profissionais capacitados e capazes de analisar criticamente uma situação problema e planejar medidas necessárias à sua solução, como a implantação do *lean construction* em busca da redução de desperdício, melhoria contínua, maximização de lucros e otimização de processos.

Assim, o ensino de *Lean Construction* dentro da grade curricular pode ajudar a reduzir a evasão no curso de engenharia civil ao tornar o currículo mais relevante e alinhado com as necessidades do mercado de trabalho atual. Ao aprender sobre princípios de eficiência, eliminação de desperdícios e melhoria contínua, os alunos podem perceber uma aplicação prática e direta dos seus estudos no setor de construção civil, aumentando sua motivação e

engajamento. Além disso, a partir do aprendizado e desenvolvimento das competências relacionadas ao *Lean Construction* enfatiza-se a importância de habilidades práticas e competências colaborativas, que são altamente valorizadas na indústria. Com o desenvolvimento dessas habilidades, os alunos podem se sentir mais preparados para suas futuras carreiras, o que pode aumentar a satisfação com o curso e reduzir a taxa de abandono. Ademais, a introdução e o desenvolvimento do ensino metodologias *Lean* também pode tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e interessante, utilizando-se de problemas reais e projetos práticos que reforçam o aprendizado teórico. Essa abordagem prática pode ajudar os alunos a verem o valor imediato de suas aulas, melhorando sua experiência educacional e incentivando a continuidade no curso.

A partir do panorama acima apresentado, há a necessidade de modernização e ampliação das formas e ferramentas de ensino, sendo importante explorar novas metodologias que possam aumentar a efetividade e a disseminação do conhecimento no meio acadêmico, promovendo a permanência dos estudantes até a conclusão do curso, auxiliando no aprendizado e na assimilação do conteúdo e a prática e, conseqüentemente, formando profissionais mais capacitados para o mercado de trabalho. Para isso, a gamificação tem se mostrado uma abordagem promissora para o ensino, ao mesmo tempo em que a filosofia *Lean* tem ganhado destaque na indústria da construção civil, em razão de seus comprovados benefícios na superação dos desafios relacionados à promoção da economicidade e produtividade.

Unindo esses dois contextos, a engenharia e o ensino, os artefatos tecnológicos produzidos com a finalidade de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, como os *serious games*, vêm ganhando grande espaço no ensino superior, sobretudo nos cursos de engenharia. O ambiente virtual dos *serious games* podem auxiliar estes cursos na integração da teoria e a prática, para melhor assimilação do conteúdo. Vale destacar que, o uso de novas práticas pedagógicas e a melhoria de métodos existentes são capazes de promover o interesse e a interação dos discentes com os temas trabalhados durante as aulas, de desenvolver o pensamento crítico e criativo, de reduzir a apatia e, por fim, contribuir para a aprendizagem entre pares. (Subhash; Cudney, 2018).

Desse modo, a utilização dos *serious games* digitais pode oferecer várias vantagens em comparação aos jogos presenciais tradicionais, especialmente no contexto educacional. Primeiramente, os *serious games* digitais podem ser acessados de forma remota e flexível, permitindo que os alunos aprendam no seu próprio ritmo e em horários convenientes, sendo

benéfico para estudantes com horários diversos ou responsabilidades externas, como trabalho ou família. Além disso, os *serious games* digitais frequentemente incluem sistemas de feedback em tempo real, permitindo que os alunos recebam avaliações imediatas sobre seu desempenho e compreendam necessidades de melhoria. Este feedback instantâneo é mais difícil de implementar em jogos presenciais, onde a avaliação pode depender da observação direta e análise pós-jogo.

Diante da necessidade de melhorar e atualizar as práticas e métodos de ensino, esta pesquisa propõe a aplicação da filosofia *Lean* na Construção Civil - *Lean Construction* - por meio de um *serious game* imersivo, desenvolvido pela técnica Design Science Research (DSR).

O ensino do *Lean Construction* foi escolhido devido à sua crescente relevância e impacto na indústria da construção civil. Esta metodologia oferece benefícios tangíveis, como a redução de custos, melhoria na qualidade e aumento da eficiência dos projetos de construção. A adoção de *Lean Construction* pode ser um diferencial significativo para futuros engenheiros civis, tornando-os mais competitivos no mercado de trabalho. Além disso, *Lean Construction* é uma disciplina que integra várias áreas de conhecimento dentro da engenharia civil, incluindo gestão de projetos, logística, planejamento e controle de qualidade. Isso proporciona aos alunos uma visão holística e integrada do setor, preparando-os melhor para enfrentar desafios complexos e interdisciplinares na sua carreira profissional.

1.3. Questões de pesquisa específicas

A presente pesquisa tem como objetivo explorar a capacidade dos *serious games* aplicados no ensino do *Lean Construction*, em busca a difusão do conhecimento e da formação de profissionais capacitados sobre esse tema, associado aos benefícios trazidos por aquela tecnologia na condução do processo de ensino. Para isso, ao longo desta dissertação, serão analisadas criticamente 3 (três) questões fundamentais, que orientarão a pesquisa de modo que, ao final, seja possível compreender a eficácia do protótipo desenvolvido como ferramenta educacional auxiliar no ensino da engenharia civil, sendo elas:

Questão 1: Os *serious games* podem ser uma ferramenta auxiliar no ensino do *Lean Construction*, de forma a complementar as aulas expositivas?

Questão 2: Os *serious games* podem ser capazes de aumentar a motivação e o engajamento dos estudantes, facilitando e/ou potencializando o aprendizado?

Questão 3: O protótipo desenvolvido pode ser capaz de facilitar a associação entre a prática e a teoria?

Notadamente, os *serious games* têm emergido como uma ferramenta inovadora no ambiente educacional, sendo capazes de abordar novas formas de ensino e propor novos desafios aos estudantes, proporcionando a estes ambientes virtuais que simulam situações do mundo real. Nesse contexto, a primeira questão da pesquisa busca explorar se os *serious games* podem ser uma ferramenta auxiliar eficaz no ensino do *Lean Construction*. O caráter auxiliar se manifesta na capacidade de o jogo complementar o processo de ensino, sem substituí-lo inteiramente. Este questionamento surge da necessidade de identificar abordagens pedagógicas inovadoras e eficientes para capacitar profissionais da construção a adotarem os princípios do *Lean* em seu dia a dia.

Além da eficácia do ensino, a segunda questão concentra-se em avaliar se a utilização de jogos para o ensino é capaz de promover a motivação e engajamento dos estudantes, buscando, em segundo plano, aumentar a participação em aula e fomentar a permanência no curso. O uso de *serious games* têm sido associado a experiências de aprendizado mais envolventes e motivadoras em diversas áreas. Assim, ao realizar a investigação do potencial dos *serious games* não apenas transmitir conhecimento, mas também de aumentar significativamente a motivação e o engajamento dos estudantes, especificamente na aprendizagem do *Lean Construction*, também poderá ser explorada a capacidade dessa tecnologia de combater a evasão, especialmente em situações em que a falta de motivação em relação aos temas abordados é um desafio premente.

Um dos desafios no ensino é a associação entre teoria e prática. A terceira questão desta pesquisa concentra-se na avaliação do protótipo desenvolvido, buscando entender se ele foi capaz de facilitar a integração efetiva entre a teoria do *Lean Construction* e a prática profissional. Será avaliada a capacidade do protótipo de criar uma ponte tangível entre o conhecimento adquirido em aula e sua aplicação no cenário de jogo, que traz uma aplicação do ambiente construtivo no ambiente virtual.

Assim, tem-se uma base sólida para cada uma das questões de pesquisa, destacando a importância de explorar esses tópicos e justificando a necessidade de investigação mais aprofundada sobre o papel dos *serious games* no contexto do ensino do *Lean Construction*.

1.4. Objetivos geral e específicos

Atualmente as metodologias de ensino nas diversas instituições de ensino superior (IES) do país utilizam das metodologias tradicionais de ensino para a formação de profissionais da área de engenharia civil. Embora os cursos estejam cada vez mais integrando Tecnologias da Informação e Comunicação para melhorar os processos de produção, esses recursos muitas vezes não são utilizados para inovar e apoiar o processo de ensino-aprendizagem. Isso se explica pela complexidade de desenvolver ferramentas, como os *serious game*, que alcancem efetivamente os objetivos educacionais e, ao mesmo tempo, proporcionem engajamento, motivação e entretenimento aos diferentes grupos.

A partir desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um protótipo de *Serious Game* virtual, compatível tanto para smartphone quanto para computadores e tablets, com o foco principal no ensino dos conteúdos relacionados à filosofia e aos princípios do *Lean Construction*, aos discentes do curso de Engenharia Civil.

Para alcançar esse fim, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- A. Identificar na literatura os principais aspectos positivos e as dificuldades da utilização dos *serious game* como ferramenta de ensino;
- B. Aplicar os conceitos relacionados ao *Lean Construction*;
- C. Avaliar a contribuição do protótipo como ferramenta auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do *Lean Construction*;

Dessa forma, a abordagem proposta possibilita o estudo sobre o estágio atual de desenvolvimento de trabalhos e produtos de gamificação aplicáveis ao ensino do *lean construction*. Ao mesmo tempo, busca também desenvolver e avaliar uma aplicação para este tema, que tem o intuito de promover a conexão da teoria com a prática, ensinando os conceitos de redução de atividades que não agregam valor, desenvolvimento de cronogramas,

eliminação de desperdício e promoção da organização e segurança no ambiente de obra, dentre outras.

1.5. Hipóteses da pesquisa

Segundo Oniria (2019) a utilização de jogos com finalidades educacionais, seja de ensino, capacitação, treinamento ou reciclagem, não visa, como foco principal, a diversão. No desenvolvimento de jogos para essas finalidades, apesar de haver um viés lúdico em sua estrutura, são propostos momentos alternados de tensão e alegria do usuário, que têm a função de captar a concentração deste enquanto recebe os feedbacks do seu progresso. Essa sistemática tem como objetivo favorecer a efetividade do aprendizado. Outro fator relevante é capacidade dos *serious games* em desenvolver habilidades transversais ao conteúdo propriamente ensinado, como comunicação, raciocínio lógico, liderança, pensamento crítico, trabalho em equipe, responsabilidade e motivação, dentre outras.

Nesse sentido, adota-se como hipóteses deste estudo que os *serious games*:

- São capazes de aumentar a efetividade da aprendizagem, uma vez que são baseados na simulação de cenários reais e estimulam o uso de habilidades e da aplicação prática de conhecimentos adquiridos durante a formação, ao mesmo tempo que fornecem feedback imediato;
- São capazes de tornar o processo de ensino e aprendizagem dinâmico, escalável e com resultados mensuráveis. Motivando a busca pela inovação e pela continuidade no curso de engenharia civil.

1.6. Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado no formato de capítulos, sendo o escopo de cada um descrito a seguir:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: sendo o capítulo inicial do trabalho, este tem como objetivo situar o leitor por meio da contextualização do tema, a ordenação de fatos que justificam e motivam o estudo, além disso, apresenta as questões de pesquisa, os objetivos gerais e específicos e, por fim, as hipóteses de pesquisa.

Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA: este capítulo busca apresentar inicialmente, por meio de trabalhos nacionais e internacionais sobre a temática, o estado da arte sobre o desenvolvimento e a aplicação de *serious game* para ensino do *Lean Construction* nos cursos de engenharia civil. Além disso, são trazidas referências sobre os temas que direta ou transversalmente permeiam a pesquisa, tais como, as definições atinentes aos *serious games* e ao *Lean Construction*, a educação superior no ensino da engenharia civil, os benefícios da utilização de *serious games* para ensino e o desenvolvimento de competências transversais.

Capítulo 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA: o presente capítulo, além de descrever o método adotado para a investigação e definir as etapas da pesquisa, tem como objetivo principal descrever detalhadamente “o que fazer” e “como fazer” para o alcance dos resultados almejados. Como metodologia, foi adotada o Design Science Research, e estruturada sua execução em 4 etapas, sendo elas: Etapa 1 - Identificação do problema, Etapa 2 – Projeto e desenvolvimento, Etapa 3 - Avaliação do artefato e, por fim, Etapa 4 - Contribuição da pesquisa.

Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES: nesta seção são apresentados os resultados encontrados bem como as respectivas análises e discussões dos pontos relevantes.

Capítulo 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS: finalizando o trabalho, neste capítulo são apresentadas as conclusões, embasadas nos resultados encontrados, sobre a ideia desta pesquisa. Além disso, são identificadas as contribuições significativas que surgiram durante o desenvolvimento da pesquisa e destacados os pontos, relacionados ao tema, que merecem investigação aprofundada em pesquisas futuras.

Adicionalmente, compõe este trabalho os Apêndices, como:

- Ficha de coleta de dados – feedback alunos;
- PGG e Codificação do protótipo; e
- Documentos de requisitos finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando compreender a literatura acerca do ensino do *Lean Construction* utilizando-se da gamificação como ferramenta complementar do processo de aprendizagem, o presente capítulo conceitua o que é o ensino para adultos, conhecido como andragogia, a gamificação para o ensino e o *Lean Construction*. Posteriormente, é apresentada a situação atual de desempenho acadêmico dos estudantes, segundo os relatórios do ENADE, e as informações sobre a desistência dos cursos de ensino superior. Além disso, o capítulo apresenta também uma síntese do estado da arte sobre as publicações relacionadas a esses temas e explora os casos de ensino do *Lean construction* por meio de jogos, destacando os seus benefícios e as dificuldades encontradas nessa abordagem.

2.1. Educação no ensino superior

2.1.1. Andragogia

O termo andragogia foi criado em meados da década de 70 pelo pesquisador Malcom Knowles, quando este apresentou suas ideias acerca do processo de ensino-aprendizagem de indivíduos adultos (Schuch; Krueger; Gonçalves, 2017). Para melhoria da educação, seja presencial ou a distância, é necessário que seja considerado no seu planejamento as especificidades do público a que se destina, principalmente às particularidades dos estudantes adultos, que muitas vezes não são asseguradas pela pedagogia (Coelho et. al., 2016). Posto isso, pode-se dizer que a Andragogia é um vasto campo de pesquisa, pois emergiu a partir de uma nova visão de ensino-aprendizagem.

De acordo com Knowles et. al. (2012) os princípios da aprendizagem de adultos podem ser elencados em seis pontos, a saber:

- I. é necessário que o discente saiba o porquê, o quê e onde;
- II. autoconceito do aprendiz: o(a) estudante necessita de autonomia para se desenvolver e autodirecionar;
- III. experiência anterior do aprendiz: é necessária a utilização de diferentes meios de aprendizagem, a elaboração de mapas mentais para incorporação das experiências prévias do estudante.

- IV. prontidão para aprender: incorporam no ensino o desempenho de tarefas e a discussão de temas relacionados ao cotidiano dos discentes.
- V. orientação para o aprendizado: o aprendizado de adultos é realizado com maior facilidade quando é contextualizado e/ou ajuda a resolver problemas do seu dia a dia.
- VI. motivação para aprendizagem: ainda que os fatores externos possam estimular a aprendizagem de adultos, como melhoria da remuneração, ascensão na carreira e empregabilidade, a verdadeira motivação é encontrada nos fatores intrínsecos, que são: auto realização pessoal/profissional, seu reconhecimento e sua satisfação.

Segundo os princípios da andragogia é possível notar que há elevada importância, no processo de ensino-aprendizagem, que os adultos tenham compreensão do conteúdo que está sendo desenvolvido, a aplicabilidade deste no seu dia a dia e/ou na futura profissão e, ainda, a possibilidade de interação e de troca de experiências entre os estudantes sob um clima de respeito e segurança (Silva et. al. 2020). Silva et. al. (2020), ainda, mencionam que a ausência desses requisitos é capaz de provocar o desânimo dos estudantes e a desistência do curso, aumentando os números relacionados à evasão no ensino superior.

2.2. Gamificação do ensino

2.2.1. Conceituação

A gamificação da aprendizagem é uma maneira de se utilizar os elementos de um jogo em um ambiente fora do jogo. O intuito desta técnica de ensino é aplicar nas atividades educativas os elementos e técnicas encontradas em jogos, que muitas vezes são destinados apenas à diversão. Ao utilizar essa estratégia busca-se o aumento da motivação e do engajamento dos alunos nas atividades educativas/acadêmicas, sejam elas presenciais ou à distância. Também é objetivo da gamificação melhorar a interação dos discentes com os temas trabalhados e fazer com que estes tenham interesse em jogar e permanecer jogando.

Para alcançar tal fim, é necessário a integração dos conhecimentos que se deseja ensinar aos elementos de um jogo (que chame a atenção do aluno). Segundo Angeluci et. al. (2020), um dos maiores desafios dessa metodologia é alcançar a combinação perfeita entre arte, ciência e conceitos pedagógicos para o desenvolvimento de um artefato ideal, que abranja tanto a parte pedagógica quanto a mecânica do jogo.

Um exemplo de gamificação, utilizando a metodologia DSR, está descrito no estudo realizado por Arnold, Santos e Barbosa (2020), que projetaram um modelo para redes sociais educacionais - chamado Rede Teia - que envolveu alunos do ensino médio e da graduação. Para os 60 participantes do ensino médio foi criado um role-playing game (RPG) online associado ao projeto “Geração Água” que estes já participavam na Universidade. A dinâmica consistia em disponibilizar aos discentes tablets que deveriam ser utilizados para a leitura, por meio de um aplicativo, de códigos QR espalhados pela Universidade.

Para os alunos da graduação o curso escolhido foi o de Engenharia Civil e participaram 16 estudantes. Foi desenvolvido o jogo “Gincana”, no qual os discentes eram divididos em 4 (quatro) grupos para resolverem um bloco de questões; ao concluir essa tarefa inicial, era disponibilizada uma chave para acesso ao próximo bloco de perguntas. Para resolver os problemas, os discentes necessitavam de interagir uns com os outros. Além disso, era controlado o tempo de resolução das questões e cada uma possuía seu tempo específico; por fim, o grupo que não resolvesse antes do tempo se esgotar, não continuaria jogando, dando um caráter de urgência na disputa. (Arnold; Santos; Barbosa, 2020)

O *framework* Octalysis, desenvolvido por Chow *et. al.* (2016) após anos de estudo, tem por objetivo trilhar a organização de ideias dentro de um projeto no qual serão aplicadas as técnicas de gamificação. Com o *framework* é possível realizar análises e construir estratégias adequadas, que permitem estabelecer os elementos essenciais do jogo e a criação do engajamento necessário para quem o utiliza. A correlação entre as funcionalidades e o núcleo do *framework* se dá na contemplação das necessidades de cada perfil de jogador, fazendo com que este alcance seus objetivos que sejam posição de liderança, posse, realização, perdas, escassez e/ou engajamento. Por meio do Quadro 1, abaixo, é possível visualizar as funcionalidades do jogo e sua correspondência com o núcleo do *framework*.

Quadro 1 - Relação entre as funcionalidades do jogo *versus* núcleo do *framework* Octalysis

Funcionalidade	Núcleo
<i>Dashboard</i>	Imprevisibilidade, Perda e Escassez
Perfil do usuário	Fortalecimento, propriedade e posse e realização
Pontos, medalhas, selos e placar	Fortalecimento, perda e realização
Espaços, grupos e seguidores	Social e relacionamento
Atividades, desafios e missões	Significado, fortalecimento, imprevisibilidade e escassez

Fonte: Adaptado Angeluci et. al. (2020)

2.3. *Lean Construction*

O *Lean Construction* trouxe para a construção civil grandes contribuições desde o seu surgimento, inovando métodos e processos de produção. O seu surgimento teve como objetivo auxiliar as empresas desse ramo na diminuição das perdas e na simplificação dos processos, atribuindo também maior transparência para as etapas que compõem uma obra, ou seja, a sequência de atividades que compõem uma obra está detalhada objetivamente nessa filosofia (Filho, 2019).

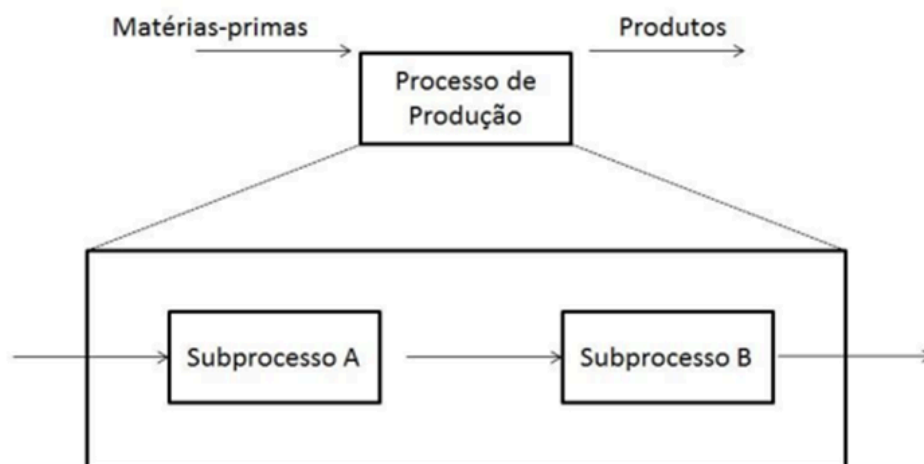
Apesar de ser uma prática inovadora na Engenharia Civil, o conceito enxuto - *Lean* - teve origem no ambiente fabril. Segundo Pádua (2014) após o fim da Segunda Guerra Mundial o Japão estava debilitado e sem recursos necessários para funcionamento de diversos setores da indústria. Com isso, a Toyota criou um sistema de produção que visava, além do uso adequado da matéria prima, a eliminação dos desperdícios que ocorriam no processo produtivo. Esse modelo foi chamado de Sistema Toyota de Produção (STP). Com o sucesso desse sistema, o uso do STP começou a se expandir e a ser aplicada fora do ambiente fabril, com adaptações necessárias.

A produção enxuta, de acordo com Womak e Jones (1998), é caracterizada pela redução do tempo na produção das unidades (produzir mais em menos tempo), diminuição dos recursos empregados e, ainda, procura fabricar produtos menos defeituosos. Visando implementar essas melhorias proporcionadas pela filosofia *Lean* no campo da construção civil, em 1992, Lauri Koskela, pesquisador finlandês, propôs algumas adaptações ao *Lean Manufacturing* -

originado no Sistema Toyota de Produção - e o aplicou no canteiro de obras, fazendo com que houvesse redução de desperdícios e maior competitividade no mercado para a construtora e, além disso, também agregando valor ao produto na visão do cliente (Valente, 2010).

Koskela (1992) afirma que a forma produtiva tradicional é chamada de “modelo de conversão”, pois as matérias-primas são transformadas em produtos. Nesse modelo de produção, os processos produtivos podem ser divididos em subprocessos, conforme exemplificado na figura 1. O mesmo autor detalha que, no *Lean Construction*, o ambiente produtivo é composto por dois tipos de atividades: as de fluxo e as de conversão. As atividades de fluxo são aquelas que não alteram, mas podem alterar, necessariamente, algo no produto/serviço que está sendo realizado. Já as atividades de conversão são aquelas que efetivamente agregam valor no produto final.

Figura 1 - Modelo tradicional de produção



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

A construção enxuta é baseada em 11 (onze) princípios que norteiam o processo de construção e, ao mesmo tempo, auxiliam na redução dos desperdícios, tais como perdas por paradas, mau uso dos materiais, realização de retrabalhos e atividades que não agregam valor no produto final. Segundo Koskela (1992), os 11 (onze) princípios do *Lean* são:

- 1- Diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final;
- 2- Agregar valor ao produto por meio da consideração das necessidades do cliente;
- 3- Redução da variabilidade;

- 4- Diminuição dos tempos de ciclo;
- 5- Simplificação das atividades por meio da redução do número de partes ou passos;
- 6- Aumento da flexibilidade na execução do produto;
- 7- Aumento da transparência do processo;
- 8- Foco no controle global do processo;
- 9- Introdução do processo de melhoria contínua na construção;
- 10- Manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões.
- 11- Realização do benchmarking.

Sintetizada a história de concepção e implantação da filosofia e dos princípios do *Lean Construction* no ambiente construtivo, faz-se necessário melhorar cada vez mais os cursos de Engenharia Civil, de modo que os novos profissionais concluam a graduação capacitados e atualizados sobre as metodologias aplicáveis para melhoria dos canteiros de obras. Somado a isso, existe a necessidade de virtualização do processo de ensino aprendizagem, de forma que o ensino esteja alinhado às novas Tecnologias de Comunicação e Informação, cada vez mais presentes e atreladas ao dia a dia dos estudantes e dos profissionais.

2.4. Engenharia civil e a gamificação para seu ensino

A formação do profissional em engenharia é projetada a partir do desenvolvimento de certas competências e habilidades, necessárias ao bom desempenho profissional. Nesse sentido, algumas organizações, como a United Nations Development Programme (UNDP), a European Commission e a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), propõem conjuntos semelhantes de competências consideradas relevantes para a atuação dos novos profissionais, entre as quais, a capacidade de liderar, de inovar, de gerir pessoas, de comunicar eficazmente, de iniciativa, de empreender, de trabalhar em grupo, de aprender de forma autônoma, dentre outras (UNDP, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2019; ABENGE 2021).

É necessário promover novas abordagens no ensino e aprendizagem do curso de engenharia, a fim de capacitar os alunos com tais competências. Com isso, é possível que os novos estudantes sejam capazes de adquirir, ao longo de sua formação, as competências requeridas para lidar com os desafios da profissão e atendam às necessidades requeridas pela sociedade global, quando da atuação profissional.

Para que isso ocorra, sabe-se que são utilizadas diferentes abordagens, como metodologia de ensino e aprendizado, que são concebidas a partir de uma intenção e uma estratégia (Prosser; Trigwell, 2000). Sobre isso, Prosser, Trigwell e Taylor (1994) determinaram que são duas as principais dimensões ligadas ao ensino, que são a mudança conceitual - com foco no aluno e a transmissão de informação - com foco no professor.

A abordagem tradicional de ensino é focada na transmissão do conteúdo, normalmente considerando os alunos como receptores passivos do conhecimento do professor. Nesse contexto de ensino, o aprendizado é caracterizado pela capacidade de memorização e reprodução dos conhecimentos transmitidos aos discentes. Em função disso, é possível encontrar em muitas disciplinas dos cursos de engenharia civil o desenvolvimento de trabalhos intitulados como “teóricos” e “práticos”. Essa dissociação na forma de trabalhar o mesmo assunto, faz com que os discentes tenham dificuldade em consolidar os conhecimentos para a solução de problemas multidisciplinares encontrados na atuação profissional (Felder et al., 2000).

Quando é utilizada uma abordagem de ensino com foco no aluno, na qual é possível que estes construam o seu próprio entendimento dos conteúdos, tem-se como foco o insight, o estímulo do pensamento crítico e a aplicação pelos discentes do conhecimento aprendido. Nessa perspectiva de ensino, a aprendizagem é construída a partir de um processo de experimentação do conteúdo. (Kolb; Kolb, 2005).

Avelar (2021), menciona que:

“Para a implementação específica de metodologias de ensino e aprendizagem ativas, inovadoras e eficazes no ensino superior, diferentes ferramentas baseadas na experimentação com uso de diversas tecnologias estão sendo discutidas como, por exemplo, os “learn struments” ou “instrumentos de aprendizagem”, ou, simplesmente, “artefatos de aprendizagem”.”

Nesse contexto, os artefatos desenvolvidos para auxílio no processo de ensino-aprendizagem visam melhorar o processo de ensino e, conseqüentemente, ampliar o conhecimento, que pode auxiliar na edificação das competências humanas. Segundo Bloom (1956) podem ser abordados nos artefatos de aprendizagem os domínios cognitivos, afetivos e psicomotores que, de acordo com o estudo de Avelar (2021), ao serem ativados por meio do uso ambientes

imersivos com o as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICS), possibilitam a determinação do nível de aprendizado do usuário por meio do uso de ambientes de aprendizado virtuais e integrados como, por exemplo, os “Serious Games”.

A utilização de ambientes de aprendizado interativo é caracterizada por ter capacidade de melhorar o processo de ensino devido à incorporação de elementos encontrados nos jogos, capazes de captar a atenção e motivar os usuários, para consecução dos objetivos educacionais. Neste contexto, diversos estudos indicam que os jogos são capazes de proporcionar uma experiência aprimorada, quando comparada aos métodos tradicionais de ensino, e, em razão disso, tem ganhado espaço como ferramenta auxiliar no processo de aprendizado (Bellotti et al., 2010; Guillénnieto; Aleson-carbonell, 2012; Kebritchi; Hirumi; Bai, 2010; Kickmeierrust; Albert, 2012; Knight et al., 2010).

2.5. Estado da arte sobre publicações de gamificação em *Lean*

Este capítulo tem como objetivo analisar as tendências e avanços no desenvolvimento e na aplicação da gamificação e da utilização de *serious games*, em conjunto com a abordagem *Lean Construction*, no ensino e aprendizagem de engenharia, especialmente a engenharia civil, e outros sistemas educacionais, no período de 2002 a 2023.

2.5.1. Metodologia de busca e seleção

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, utilizando uma busca na base de dados Scopus, com os seguintes termos de busca: *gamification OR game OR "serious game" AND lean OR "lean Construction" AND teaching OR learning OR "e-learning" OR "engineering education" OR "learning systems" OR "education computing"*. O período de busca foi limitado entre os anos de 2002 a 2023, filtrando apenas artigos acadêmicos escritos em inglês.

Após a busca, foram encontrados 215 artigos, os quais foram submetidos a 3 (três) fases para classificação. Na primeira fase foi realizada a leitura do título, do resumo e das palavras chave para classificação inicial dos trabalhos de acordo com os critérios de exclusão e inclusão definidos previamente, que são:

Inclusão - Está relacionado ao tema “gamificação” ou “*Lean*” ou “ensino”!

Exclusão - Não está relacionado ao tema “gamificação” ou “*Lean*” ou “ensino”!

- Possui acesso restrito!

Desse modo, os artigos que não tratavam dos temas de interesse foram excluídos, bem como aqueles que possuíam acesso restrito. Ao final dessa etapa, restaram 84 artigos aprovados para a fase seguinte.

Na segunda fase, após leitura completa dos artigos aprovados na primeira fase, estes foram classificados de acordo com a sua relevância para a pesquisa, com bases em dois critérios: adesão do artigo ao tema deste trabalho e com a tipologia de trabalho/pesquisa desenvolvido. A adesão do artigo ao tema deste trabalho pode ser traduzida como a proximidade dos objetivos e metodologias adotadas na pesquisa, ou seja, a utilização da gamificação para ensino do *lean construction* e também a relevância dos resultados, as facilidades e dificuldades encontradas em que poderia haver o melhor aproveitamento do conteúdo para o presente trabalho. Assim a adesão foi classificada em cinco categorias: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

Já a tipologia de trabalho descreve como foi realizada a pesquisa, seja por meio da: aplicação do game em sala de aula, entrevista estruturada, desenvolvimento de um game ou mesmo a revisão da concepção de game ou a estruturação do game. Por fim, na última fase os artigos aprovados e classificados foram indicados para aplicação na dissertação em três categorias: revisão da literatura, elaboração do game e análise dos resultados, que podem ser combinadas entre si. Essas categorias foram definidas com base no conteúdo do artigo e sua relevância para a pesquisa.

2.5.2. Análise dos artigos

A crescente atenção voltada para a gamificação e o ensino do *Lean Construction* ao longo dos anos revela um panorama dinâmico e em constante evolução no campo educacional. Este fenômeno torna-se ainda mais evidente nos últimos 5 anos, durante os quais quase metade de todos os estudos aqui analisados foram conduzidos. Conforme observado na figura 2, o ano de 2021, notadamente, destaca-se como um marco significativo no número de publicações, em relação aos períodos que o estudo abrange. Este incremento expressivo coincide com um período em que metodologias ativas e complementares para o ensino, incluindo o ensino a

distância (EAD), foram amplamente adotadas de maneira emergencial. Tal adoção emergiu como resposta às medidas de distanciamento social implementadas em decorrência da pandemia do Covid-19.

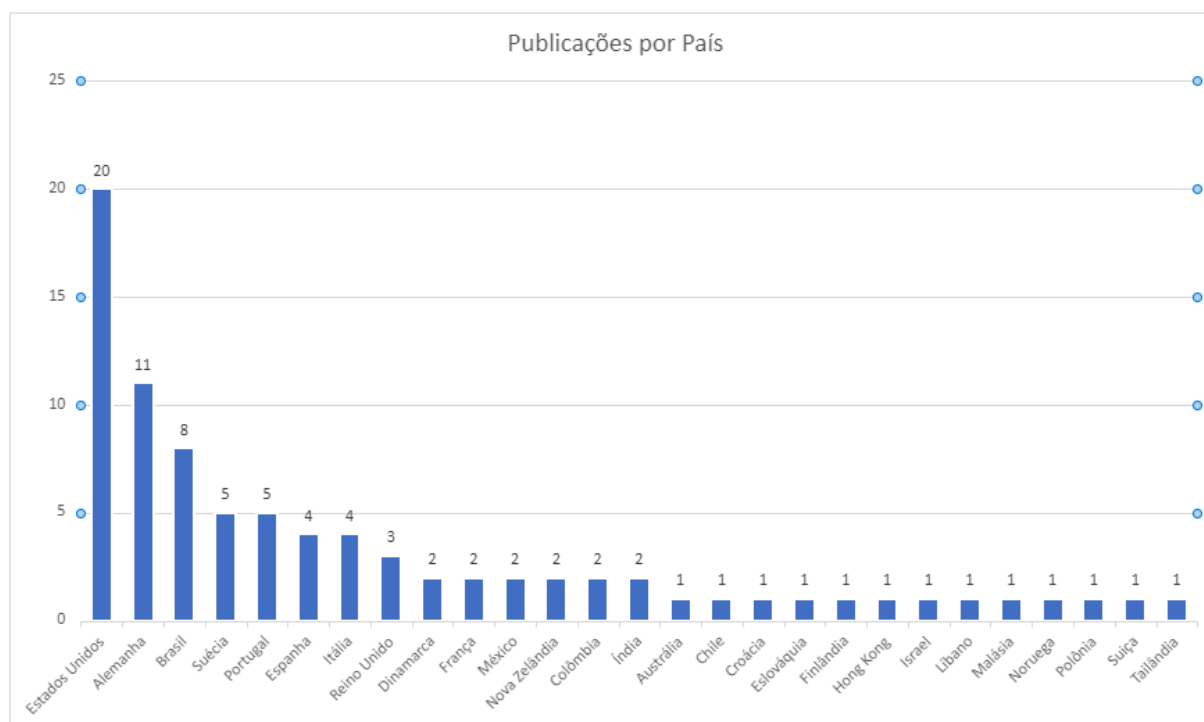
Figura 2 - Publicações por ano



Fonte: do autor

Durante a condução desta revisão, destaca-se que a maioria dos estudos que exploraram a interseção entre a gamificação do ensino e a filosofia *Lean* foram desenvolvidos nos Estados Unidos. Esses trabalhos representam aproximadamente 25% do total de publicações examinadas neste estudo, conforme mostrado na figura 3. Em segundo lugar, encontra-se a Alemanha, contribuindo significativamente com cerca de 12% das publicações totais sobre essa temática. O Brasil, com 10% do total de publicações, aparece em terceiro lugar, delineando assim, a principal distribuição geográfica dessa pesquisa, ressaltando a relevância internacional dessa intersecção entre gamificação e o *Lean* no contexto educacional.

Figura 3 – Publicações por país



Fonte: do autor

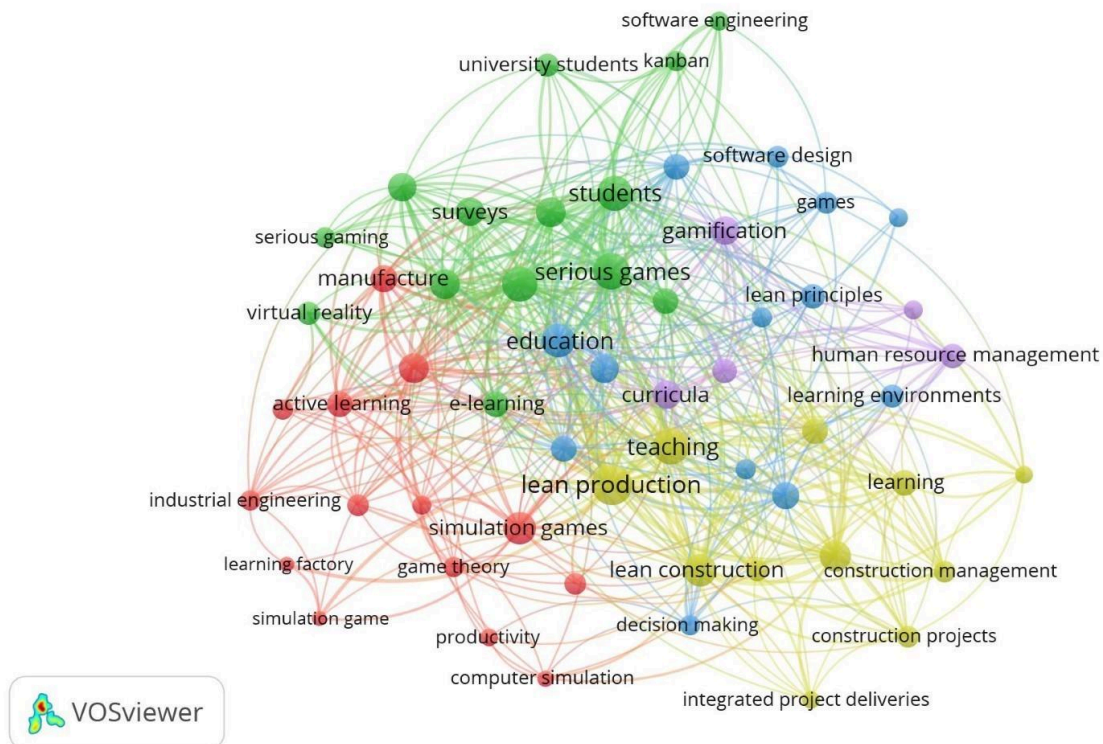
Em continuidade à pesquisa, foi desenvolvida uma rede bibliométrica, a partir dos artigos científicos que foram selecionados na análise, no *Software VosViewer*, por meio de técnicas de clusterização de informações. Por meio dessa abordagem, foi possível identificar as principais palavras-chave e suas inter-relações, resultando na construção de uma rede que destaca a complexa e extensa conexão entre os temas abordados.

A partir da análise da figura 4, destaca-se uma notável clusterização e interconexão dos temas “*lean production*”, “*lean construction*” e “*education*”, o que indica uma robusta ligação entre esses tópicos nos trabalhos analisados. Por outro lado, os termos “*education*”, “*teaching*” e “*serious games*” aparecem com relativo destaque e interconectados, o que sugere a forte ligação entre os temas nos estudos analisados. Essa constatação sugere que a gamificação pode se apresentar como uma estratégia significativa para impulsionar o processo de ensino e aprendizagem, destacando assim a relevância e a potencial sinergia entre esses conceitos no contexto investigado.

De modo geral, a análise da rede bibliométrica evidencia que os temas relacionados ao ensino, *lean production*, *simulation games*, *lean construction*, educação, estudantes e gamificação têm

uma forte interconexão, e que a utilização de jogos de simulação e a abordagem *lean* podem ser aplicadas no ensino para melhorar a experiência e o desempenho dos estudantes. A gamificação, por sua vez, pode ser vista como uma estratégia interessante para tornar o ensino mais envolvente e motivador.

Figura 4 – Rede bibliométrica



Fonte: do autor

Dentre os diversos trabalhos analisados foi possível observar que o número de jogos *Lean* físicos supera em muito o número de jogos *Lean* digitais. Aproximadamente 70% dos estudos, que abrangem esta revisão da literatura, estão ligados ao desenvolvimento ou à aplicação de games presenciais e/ou de tabuleiro, que engloba também a reprodução de ambientes realistas para simulação de produção enxuta. Dentro do contexto da utilização da gamificação para ensino do *Lean*, o quadro 2 apresenta, de forma resumida, a composição de trabalhos analisados neste capítulo, de acordo com a metodologia de pesquisa:

Quadro 2 - Tipologias de trabalhos sobre ensino do *Lean* por meio da gamificação

Metodologia adotada na pesquisa	Sobre <i>Lean</i>		Sobre <i>Lean Construction</i>	
	Jogos de tabuleiro/ presenciais	Jogos Virtuais/ Digitais	Jogos de tabuleiro/ presenciais	Jogos Virtuais/ Digitais
Revisão da literatura	2	1	1	0
Aplicação / Desenvolvimento de games	31	12	14	5
Avaliação de games e estudos	5	4	4	0
Avaliação da concepção de games	13		2	

Fonte: do autor

Nos trabalhos que versam sobre a filosofia *Lean*, o principal enfoque é a análise da efetividade dos jogos existentes ou o desenvolvimento de jogos. No primeiro tópico, são realizadas aplicações em diferentes grupos explorando a diferença dos resultados entre o ensino no método tradicional e o ensino que utiliza a gamificação. Já nos artigos que tratam do desenvolvimento de games são explorados os principais requisitos que levam ao alcance dos objetivos de ensino e da gamificação.

No que se refere aos artigos sobre os jogos que trabalham o *Lean Construction*, observa-se também a aplicação de jogos existentes em turmas de graduação para avaliação do desempenho dos alunos, antes e após a aplicação, sendo muitas vezes adaptados jogos da produção enxuta - da engenharia de produção - para o ambiente da construção civil. Há poucos jogos desenvolvidos sobre esse último tema, sendo apenas 5 tratando sobre recursos que envolvem alguma tecnologia digital/virtual. No geral, a grande maioria dos estudos indicam resultados positivos na utilização dos jogos para o ensino, sendo detalhados os resultados e os conteúdos dos artigos nas seções 2.2, 2.5.3 e 2.5.6, nas quais são apresentados benefícios na utilização de jogos para o ensino a partir dos casos encontrados na literatura, bem como os casos ensino do *Lean* por meio de jogos.

A partir dos quantitativos apresentados no quadro 1, fica claro que os estudos de gamificação sobre o *lean construction* representam um percentual pequeno em comparação ao total de trabalhos desenvolvidos sobre a filosofia *lean* como um todo. Ao analisar apenas os dados sobre os trabalhos dentro do grupo *Lean Construction* – jogos de tabuleiro ou presenciais e jogos Virtuais ou Digitais – fica mais clara a necessidade de desenvolvimento de estudos para o ensino desta última metodologia, pois, apenas cinco trabalhos tinham como temática a aplicação/desenvolvimento de jogos que utilizassem recursos de Tecnologia da comunicação e informação (TIC), conectando o ensino aos ambientes virtuais e/ou digitais.

Ressalta-se que, dos trabalhos sobre *Lean Construction* com a utilização de TICs, quatro foram desenvolvidos a partir de 2021, após o início da pandemia de COVID-19. Esse fato reforçou a importância de criar jogos educativos que possam auxiliar os alunos na educação a distância (EAD), modalidade que ganhou maior destaque devido à necessidade emergencial de diversas universidades ao redor do mundo adotarem essa forma de ensino e não disporem de ferramentas capazes de atender todas as necessidades dos estudantes e docentes. Essa tendência é evidenciada nos trabalhos de Krajčovič et al. (2021) e Nuanmeesri (2021).

2.5.3. Jogos para ensino e sua relação com o desempenho dos estudantes

Grande parte dos estudos sobre a utilização de jogos para o ensino ratificaram a relação positiva entre a utilização dos jogos e a melhoria do desempenho dos alunos. Corroborando com isso os autores apresentaram os seguintes resultados:

Foi observado que os jogos tiveram uma relação positiva com o desempenho do aluno. (Nuanmeesri,2021). Hotta et. al. (2022) notaram que o grupo experimental do ensino gamificado se sentiu mais imerso e motivado, apresentando maiores médias e menores desvios. Os participantes do trabalho de Pütz et. al. (2021) indicaram que os jogos transmitem sentimentos de desafio, sucesso e engajamento em maior medida do que a vida cotidiana.

No mesmo sentido, os resultados do questionário aplicado por Krajčovič et. al.(2021) mostraram que os alunos consideram as maiores vantagens do jogo educativo ser um meio não tradicional de aprendizagem experiencial e a oportunidade de experimentar equipamentos para realidade virtual, que normalmente não encontram. A pressão sobre o jogador para

resolver o problema de forma independente enquanto compete com outros jogadores também se mostrou benéfica e motivadora. Por fim, Brauner e Ziefle (2022) defendem que os jogos sérios são um conceito versátil para apoiar a transformação digital da produção enxuta, aumentando a motivação dos alunos e aprofundando o envolvimento com o material de aprendizagem.

Reforçando a importância da gamificação para auxiliar no processo de ensino, os autores Herrera et. al. (2019) relataram que grande parte dos alunos não obtiveram uma visão clara sobre a aplicabilidade dos princípios *Lean* na indústria da construção por meio da aula expositiva, resultando na necessidade de combinar essa técnica com jogos para atingir os objetivos educacionais. Nesse sentido, Terpend e Shannon (2021) ressaltaram que a utilização de games deve ser feita como ferramenta complementar ao ensino, pois segundo Han e Park (2011) as abordagens baseadas em simulação e gamificação podem ser ferramentas de aprendizagem eficazes para complementar os métodos tradicionais de educação que não são totalmente capazes de demonstrar complexidades, dinâmicas e incertezas de projetos de construção.

Como benefícios da utilização de jogos sérios podem ser citadas a capacidade de estimular a prática e proporcionar a interdisciplinaridade entre os conteúdos ensinados, melhorando o processo de formação dos engenheiros (De Oliveira et. al., 2021). Além disso, segundo Nuanmeesri (2021) a gamificação pode encorajar os alunos a aprender ativamente em um ambiente relaxante e envolvente. Esse papel ativo do aluno no processo de aprendizagem, faz com que o aluno deixe de ser um receptor do conteúdo e trabalhe na construção do seu conhecimento.

Com efeito, os resultados também indicaram que a utilização de jogos para o ensino proporcionou o aumento da motivação e aprofundou o envolvimento com o material de aprendizagem (Brauner e Ziefle, 2022). Além disso, foi observado também a melhoria do engajamento dos estudantes durante as aulas (Biotto et. al., 2021), elementos cada vez mais necessários para a melhoria da aprendizagem e facilitação do processo de ensino.

Além de todo exposto acima, diversos estudos comprovaram que a utilização de *serious game* durante as aulas permitiu o desenvolvimento de outras habilidades interpessoais transversais ao processo, como apresentado na quadro 3:

Quadro 3 - Competências interdisciplinares por autor

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Brauner, P., Ziefle, M.						X			
Krajčovič, M. <i>et. al.</i>						X			
Pütz, C., <i>et. al.</i>						X			
Terpend, R., Shannon, P.						X			

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Cuevas-Ortuno, J., Huegel, J.C.		X	X	X		X			
Teizer, J., <i>et. al.</i>								X	
Witeck, G., Alves, A.C.	X	X	X		X	X	X	X	
Dallasega, P. <i>et. al.</i>								X	

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Herrera, R. <i>et. al.</i>			X				X		X
Burch V, R.F., Smith, B.								X	
Stadnicka, D., Deif, A.		X				X			
De Vin, L.J., Jacobsson, L., Odhe, J.								X	

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Ruano, J. <i>et. al.</i>						X			
Leung, E., Pluskwik, E.						X			
Li, X. <i>et. al.</i>			X		X				
Hamzeh, F. <i>et. al.</i>	X		X			X			
De Castro Vila, R., Leal, G.G.								X	

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Deif, A.						X			
Leal, F. <i>et. al.</i>		X				X			
Thiede, B. <i>et. al.</i>						X			
Sousa, R. <i>et. al.</i>						X			
Heikkilä, V.T., Paasivaara, M., Lassenius, C.		X				X			

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
González, V. <i>et. al.</i>			X						
Pozzi, R., Noè, C., Rossi, T.						X			
Gamlin, A., Breedon, P., Medjdoub, B.								X	
De Carvalho, C.V., Lopes, M.P., Ramos, A.G.						X		X	

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Rossi, M., Kerga, E., Taisch, M., Terzi, S.								X	
Pourabdollahian, B., Taisch, M., Kerga, E.						X			
Gadre, A., Cudney, E., Corns, S.								X	
Ncube, L.B.		X	X			X			

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
McManus, H., Rebentisch, E.		X				X			
Dukovska-Popovska, I., Hove-Madsen, V., Nielsen, K.B.		X	X			X		X	
Friblick, F., Åkesson, A., Leigard, A.								X	

Autores	Pensamento crítico	Trabalho em equipe	Comunicação	Liderança	Responsabilidade	Motivação	Aprendizado global	Eliminação de desperdícios	Melhoria do processo produtivo
Ozelkan, E., Galambosi, A.						X			

Fonte: do autor

Outro ponto positivo encontrado na utilização da gamificação do ensino é a melhoria da compreensão dos princípios enxutos e maior facilidade de assimilação dos conteúdos com a prática. Os estudos de Herrera et. al. (2019) indicaram que a aula teórica foi eficaz em ensinar a abordagem teórica associada a cada princípio Lean. No entanto, ao analisar os resultados, estes destacaram que a maioria dos alunos não obtiveram uma visão clara sobre a aplicabilidade dos princípios *Lean* na indústria da construção por meio da aula expositiva, resultando na necessidade de combinar essa técnica com jogos para atingir esse objetivo.

Corroborando com isso, os feedbacks dos alunos que participaram de um experimento de ensino gamificado desenvolvido no trabalho de Dallasega et. al. (2020), indicaram que a associação da teoria com a prática trouxe maior confiança no desenvolvimento das suas tarefas e principalmente na coordenação do seu trabalho. Isso, durante a aplicação do jogo que consistia na construção de residências por meio de legos, refletiu no menor número de falhas de segurança, erros, desperdícios e reaproveitamentos de materiais, e também em um tempo de construção muito menor.

Os jogos de simulação existentes são frequentemente criticados por falta de realismo, por exemplo, com a construção representada por aviões de papel ou em formato de miniatura com materiais alternativos, como bolinhas de gude ou Lego (Heyl, 2015). Dallasega et al. (2020) implementaram VR em um jogo de simulação, mas o segmento ainda não é realista, pois a tarefa de construir uma edificação em Lego é apenas transferida para um ambiente virtual. Além disso, a maioria dos jogos carece de coleta de dados, que é feita manualmente por observadores e pode potencialmente levar a dados tendenciosos ou poucos dados sendo coletados (Biotto et. al. 2021; Blanco et. Al., 2019 e Jacobsen, Strange, e Teizer, 2021).

2.5.4. Situação atual do desempenho e da evasão dos estudantes de engenharia civil

Inicialmente, para análise do desempenho acadêmico dos estudantes do curso de engenharia civil faz-se necessário a consulta aos relatórios dos resultados Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), emitido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) juntamente com o Ministério da Educação (MEC), que é um dos pilares da avaliação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes) no Brasil.

Segundo o INEP, objetiva-se com o ENADE:

...“avaliar e acompanhar o processo de aprendizagem e o desempenho acadêmico dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso de graduação; suas habilidades para ajustamento às exigências decorrentes da evolução do conhecimento e competências para compreender temas exteriores ao âmbito específico da profissão escolhida, ligados à realidade brasileira e mundial e a outras áreas do conhecimento.” (INEP, 2020)

A aplicação do ENADE têm periodicidade máxima trienal, estando disponíveis no momento desta pesquisa os dados dos anos de aplicação de 2019, 2017 e 2014 para as avaliações referentes ao curso de Engenharia Civil. A partir da análise das médias nacionais do desempenho geral observa-se uma tendência de redução média do desempenho acadêmico ao longo dos três últimos períodos de avaliação, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 - Redução de desempenho médio geral dos estudantes no ENADE

Estatísticas Básicas Gerais (abrange a Formação Geral e Conhecimento Específico)	Ano		
	2014	2017	2019
Média (%)	45,8	44,1	39,9
Erro Padrão da média	0,1	0,1	0,1
Desvio padrão	13,4	13,4	14
Mínima (%)	0	0	0
Mediana (%)	45,7	43,4	38,6
Máxima (%)	89,4	96,4	91,6

Fonte: ajustado pelo autor de INEP, 2014, 2017 e 2019.

No mesmo sentido, os resultados dos componentes de Formação Geral e Conhecimento Específicos, que compõem a avaliação do ENADE, apresentaram reduções individuais em ambos conteúdos, conforme mostrado no quadro 5. No último ciclo de avaliação, realizado em 2019, destaca-se, especialmente, a forte queda no desempenho dos estudantes no componente formação geral, com uma redução média geral de aproximadamente 27% em comparação ao ano de 2017 e de 33% ao ano 2014. No componente conhecimentos

específicos a queda não foi tão acentuada no ano de 2019, havendo uma redução na ordem de 1% e 3%, respectivamente, em comparação aos dados dos anos de 2017 e 2014. No entanto, merece destaque que nos dados não estão contidos os resultados de avaliação pós pandemia do COVID-19, no qual houve a suspensão das aulas e alteração para a modalidade EAD sem o devido planejamento prévio, o que pode trazer impactos negativos nos resultados.

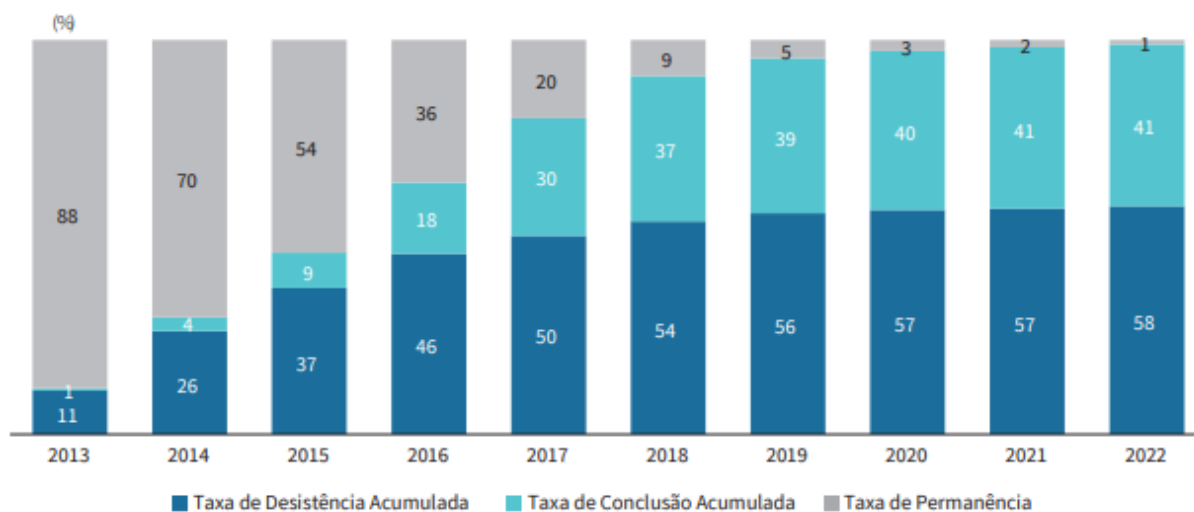
Quadro 5 - Redução de desempenho médio no ENADE por componente

Estatísticas Básicas do desempenho acadêmico por componente	Formação Geral			Conhecimentos específicos		
	2014	2017	2019	2014	2017	2019
Média (%)	59,5	54,7	39,7	41,2	40,5	39,9
Erro Padrão da média	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Desvio padrão	18	17,6	15,5	14,7	14,6	15,9
Estatísticas Básicas do desempenho acadêmico por componente	Formação Geral			Conhecimentos específicos		
	2014	2017	2019	2014	2017	2019
Mínima (%)	0	0	0	0	0	0
Mediana (%)	61,5	55,8	39,3	41	40	38,7
Máxima (%)	99,4	99,2	93,2	90,2	99	98

Fonte: ajustado pelo autor de INEP, 2014, 2017 e 2019.

Além desse parâmetro, é importante a análise dos indicadores do Censo Educação Superior (Censup), que em seu relatório mais recente, datado de 2022, apresenta o acompanhamento da situação acadêmica dos discentes matriculados nas instituições de ensino superior do Brasil, em um período de 10 anos. Desse modo, a partir da figura 5, é possível acompanhar a taxa de desistência acumulada (TDA), a taxa de conclusão acumulada (TCA) e a taxa de permanência (TP) ao longo do decênio.

Figura 5 - Evolução média dos indicadores de trajetória dos ingressantes de 2013 em cursos de graduação – Brasil – 2013-2022

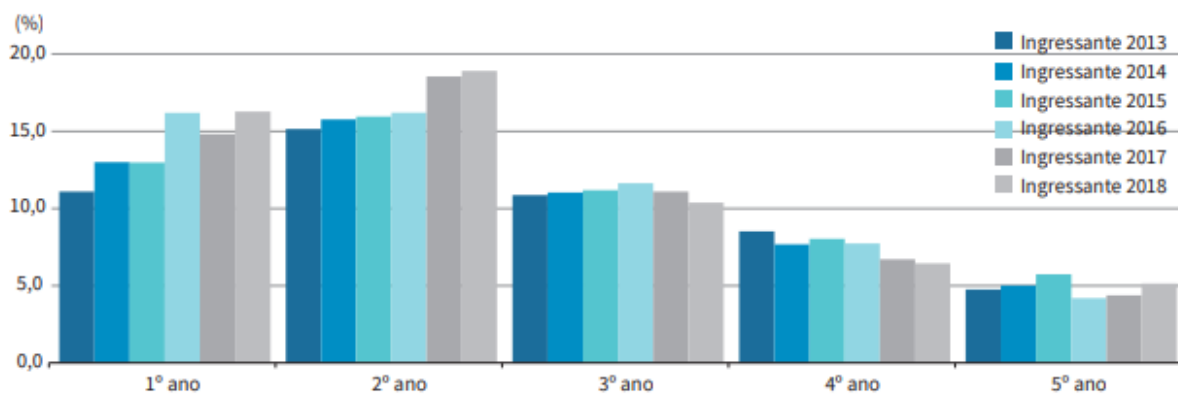


Fonte: Elaborado por INEP com base em dados do Censo da Educação Superior 2022.

Na análise dos dados acima apresentados, é possível inferir que a taxa de desistência acumulada (TDA) no décimo ano, ou seja, em 2022, é de 58% do total de alunos que ingressaram no primeiro ano do período de acompanhamento (2013). tendo os outros 41% concluíram o curso (TCA) e 1% ainda permanecem (TP). Nos três anos iniciais é notória a expressiva desistência, sendo até o terceiro ano do curso registrado um percentual de 37% e no quarto ano 46%. Nos períodos subsequentes há uma desaceleração dessa taxa, diminuindo seu ritmo, a um nível quase constante, de crescimento nos últimos cinco anos de acompanhamento.

Complementarmente, a análise da figura 6 apresenta a evolução média do indicador de desistência anual (TADA) para os ingressantes de 2013 a 2018. Esses dados mostram que, nos dois primeiros anos de acompanhamento, os ingressantes de dos anos 2013 a 2018 apresentam as maiores taxas de desistência, sendo as taxas do primeiro ano superiores às do segundo ano, exceto nos dados dos ingressantes de 2016, em que as taxas do primeiro e segundo ano são coincidentes (16,2%). Nos demais períodos os dados seguem, em ordem decrescente, o 3º, 4º e 5º anos.

Figura 6 - Evolução média do indicador de desistência anual (TADA) dos ingressantes de 2013 a 2018 em cursos de graduação, segundo o ano de acompanhamento das respectivas coortes – Brasil – 2013-2022



Fonte: Elaborado por INEP com base em dados do Censo da Educação Superior de 2022.

O relatório técnico não traz dados de evasão e/ou desistência especificamente do curso de engenharia civil, o que impossibilita a análise dos dados do curso em comparação às taxas gerais. No entanto, o relatório apresenta que:

“os cursos com Taxa de conclusão acumulada (TCA) superior a Brasil (Todos os cursos) (41%) são: Pedagogia (51%), Geografia (44%), Artes (42%), Biologia (41%), História (41%) e Biologia (40%). Os cursos em que a taxa de desistentes Taxa de desistente acumulada (TDA) é igual ou superior à taxa do correspondente a de todos os graus acadêmicos (58%), por sua vez, são: Física (72%), Matemática (67%), Química (67%), Filosofia (65%), Língua Estrangeira (64%), Sociologia (61%), Língua Portuguesa (61%) e Educação Física (58%). A TAP varia de 1% a 4%, sendo o maior percentual apresentado pelos cursos de Física e Química. Exceto Pedagogia (taxa de permanência acumulada igual a 48%), todos os cursos elencados apresentam TDA acumulada superior a 50%, em 2022.” (INEP, 2022)

Desse modo, a partir das informações acima é possível concluir que o curso de engenharia civil apresenta taxa de conclusão anual igual ou inferior à taxa de conclusão do Brasil, por não aparecer dentre os cursos com destaque superior, e sua taxa de desistência acumulada não está entre as maiores listadas no relatório. Por conseguinte, pode-se inferir que os seus valores de TDA, TCA e TP estão aproximados à média do Brasil.

2.5.5. Principais elementos para desenvolvimento de Games

Diversos fatores são necessários para o sucesso de um jogo e um dos pontos principais a ser observado é o contexto, a mecânica de funcionamento do jogo e sua metodologia de aplicação. O conhecimento prévio do ambiente do jogo pode influenciar nos seus resultados, como mostrado nos trabalhos de Jacobsen, Strange, e Teizer (2021), Brandalise et. al. (2021) e Pütz et. al. (2021). Esses trabalhos consistem na imersão do jogador em dois ambientes, a primeira rodada sem as ferramentas *Lean* e a segunda é o mesmo ambiente, porém com a aplicação das ferramentas *Lean*. Na avaliação dos resultados foi observado que esse conhecimento prévio do ambiente em que acontece o jogo pode influenciar e distorcer os resultados.

Outro ponto identificado pelos pesquisadores Blöchl & Michalicki (2017) e Dukovska-Popovska, Hove-Madsen e Nielsen (2008) é a necessidade de implementação de uma ferramenta de avaliação e feedback imediatos para melhorar a aplicabilidade educacional e aumentar a validade do jogo. Nesse sentido, os trabalhos desenvolvidos por Nuanmeesri (2021) e Leung, e Pluskwik (2018) avaliaram que um dos benefícios dos games estudados, e bem avaliados pelos estudantes, eram as ferramentas de Feedback implementadas, por meio das quais os alunos puderam reconhecer imediatamente seus resultados de aprendizagem e produtividade.

Um terceiro importante fator a ser observado é a modalidade de desenvolvimento do game, para diálogo com os usuários. A partir da revisão da literatura para esta pesquisa, foi identificado que em 2007 os jogos de tabuleiro eram mais difundidos em razão da limitação de acesso às Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC's). No entanto, esse cenário tem mudado ao longo dos anos, segundo Biotto et. al. (2021), Jacobsen, Strange e Teizer (2021) e Witeck e Alves (2020) o desenvolvimento de modelos virtuais de ensino têm sido preferencialmente adotados em razão da facilitação do ensino à distância (EAD), do aumento da difusão e de acesso à TIC's e devido à elevada integração atual dos novos estudantes às tecnologias. Além disso, os dados da revisão da literatura sugerem que o aumento recente na utilização e desenvolvimento de ferramentas e estudos sobre o ensino virtual gamificado, tem ocorrido em corroboração às medidas de distanciamento social contra a pandemia COVID19, iniciada em 2021 e findada em 2023.

Por fim, Blöchl & Michalicki (2017) identificam três etapas principais no design de jogos: (i) identificação das competências desejadas relacionadas às respectivas atividades necessárias ao desenvolvimento destas competências, (ii) a criação de um cenário onde tais atividades possam ser treinadas por meio de sua realização repetida, e (iii) comunicação do cenário inicial e alvos do cenário aos participantes.

2.5.6. Ensino do Lean Construction por meio de jogos - casos

A utilização de jogos como forma de ensinar os princípios e as práticas do *Lean* tem se mostrado uma abordagem inovadora e envolvente, permitindo aos alunos experimentar na prática os conceitos teóricos e desenvolver habilidades de resolução de problemas. Neste contexto, diversos estudos têm sido conduzidos para investigar a eficácia e os benefícios dessa abordagem, fornecendo uma base sólida para explorar ainda mais o potencial educativo dos games na disseminação da filosofia Lean.

De acordo com os resultados apresentados no quadro 3, existem diversas pesquisas sobre o ensino do Lean por meio de jogos, principalmente quando se trata de jogos de tabuleiro e/ou presencial. No entanto, pesquisas realizadas com os discentes identificaram que estes tendem a considerar mais atraentes os jogos digitais, principalmente quando há a utilização da Realidade Virtual (VR) ou da Realidade Aumentada (AR) para o ensino gamificado, além de essa metodologia apresentar melhores resultados, em comparação aos jogos de tabuleiro (Dallasega et. al., 2020).

Uma das dificuldades encontradas para os jogos em Realidade Virtual ou Aumentada é a limitação de acesso aos equipamentos em razão do elevado custo para imersão completa. A partir disso, os autores Krajčovič et. al. (2021) e Rani, Yusoff e Kamaruzaman (2016) defenderam em seus trabalhos a recomendação disponibilização da versão desktop ou mobile dos games que possuem maior facilidade de alcance pelas instituições de ensino e estudantes.

Dallasega et. al. (2020) identificaram que o uso da Realidade aumentada (AR) durante a simulação do processo de construção de casas em LEGO, foi avaliado como muito favorável para a determinação do posicionamento correto das peças, pois as alterações, inconsistências e acertos puderam ser verificados em tempo real. Com efeito, isso foi visto como um

impulsionador da confiança dos trabalhadores, que colaborou na redução da hesitação e na melhoria da produtividade.

No mesmo sentido, o trabalho de Aqlan et. al. (2019) constatou que o grupo avaliado que utilizou a realidade virtual teve um desempenho ligeiramente melhor no teste em comparação ao grupo em que foi empregada apenas a simulação durante o jogo. Além disso, foi relatado pelos alunos que usaram a realidade virtual, que é possível uma experiência mais imersiva e interessante em relação àqueles em que foi empregada apenas a simulação.

Os resultados de Thiede et. al. (2017) mostraram que a combinação de ambientes virtuais e jogos sérios teve um impacto positivo na experiência de aprendizado dos alunos, aumentando sua motivação e melhorando sua compreensão dos conceitos técnicos. Segundo Tseng et. al. (2016) os alunos que foram expostos à simulação computacional, utilizando o software Arena, apresentaram uma melhora nos conceitos do lean, e uma melhora significativa na forma como percebem seu nível de conhecimento nas ferramentas Lean. Enquanto os alunos expostos às simulações presenciais mostraram uma melhora, mas um pouco menor do que a simulação baseada em computador.

Por fim, os resultados da implementação da Realidade Virtual Imersiva (IVR) do estudo realizado por Gamlin, Breedon e Medjdoub (2014) para treinamento de pessoal foram positivos, com uma melhoria significativa na eficiência da linha de produção e na qualidade do produto. Além disso, foi observado que a empresa conseguiu reduzir o tempo de treinamento para novos funcionários e aumentar a retenção de conhecimento.

2.6. Considerações Finais

O presente capítulo apresentou um recorte da literatura acerca dos trabalhos sobre o ensino da filosofia *Lean* e do *Lean Construction* utilizando-se da gamificação, no período de 2002 a 2023 - totalizando 21 anos - trazendo o conhecimento que os Estados Unidos, Alemanha e Brasil são os principais pesquisadores sobre essa temática e que após o primeiro ano da pandemia de COVID19, no ano de 2021, observou-se um aumento das pesquisas com o foco no ambiente virtual. Além disso, foram conceituados o que é o *Lean Construction*, a gamificação para o ensino e o ensino para adultos - conhecido como andragogia.

O capítulo também explorou os casos de ensino do *Lean Construction* por meio de jogos, destacando os seus benefícios e as dificuldades encontradas nessa abordagem. Diversos autores concordam que a gamificação é capaz de promover o engajamento, a motivação dos discentes e a aproximação da teoria e a prática dos conteúdos ensinados. Ademais, a gamificação é capaz também de proporcionar o desenvolvimento de diversas competências transversais como a liderança, o pensamento crítico, a visão global dos processos, a comunicação e o trabalho em equipe.

Por fim, merece destacar que foram levantados a partir dos trabalhos analisados os principais requisitos para elaboração dos jogos, a saber: (i) a identificação das competências desejadas com as atividades que se desenvolvem no jogo; (ii) o contexto, a mecânica de funcionamento do jogo e sua metodologia de aplicação; (iii) a possibilidade de haver ferramenta de avaliação e feedback imediatos para melhorar a aplicabilidade educacional e aumentar a validade do jogo; e por fim, (iv) a modalidade de desenvolvimento do game, para diálogo com os usuários, sendo eles virtuais/digitais (que utilizam as TIC's) ou de tabuleiro (físicos/presenciais). Em continuidade, passou-se no próximo capítulo para o desenvolvimento da metodologia de condução da pesquisa, desenvolvimento e validação do protótipo.

3. METODOLOGIA

3.1. Condução da pesquisa fundamentada em DSR

A escolha da metodologia Design Science Research (DSR) para o desenvolvimento de um protótipo de jogo para o ensino do Lean Construction é fundamentada em diversas razões que tornam esta abordagem particularmente adequada para este tipo de projeto. O DSR é uma metodologia voltada para a criação e avaliação de artefatos inovadores, proporcionando uma estrutura rigorosa e sistemática para abordar problemas complexos e desenvolver soluções práticas.

O DSR como método forma-se a partir das práticas relacionadas ao conceito de *design* - seja desenhar ou projetar. Essa prática procura propor alterações em um sistema específico em busca de melhoria para este e por meio dessas alterações, utilizando o conhecimento como fundamento para o desenvolvimento, objetiva-se criar produtos ou artefatos ainda não existentes. Desse modo, Angeluci *et. al.* (2020) descrevem que o DRS surge como ferramenta para resolução de situações-problema nas quais os métodos tradicionalmente utilizados não são suficientes para sustentar o processo de pesquisa, principalmente daquelas que estão no âmbito teórico-conceitual.

Consoante Pimentel *et. al.* (2018), foi principalmente a partir da obra “As ciências do Artificial” de Herbert Simon, datada de 1969, que foram encontrados na abordagem DSR fundamentos que legitimaram o desenvolvimento de artefatos como meio para a produção de conhecimentos científicos do ponto de vista epistemológico. Além disso, Pimentel *et. al.* (2018) explanaram que a noção de artefato não está restrita apenas a objetos físicos, podendo ser atribuída a algo projetado, a um engenho ou uma artificialidade; e, por isso, as abstrações também podem ser consideradas como um artefato humano. Já Peffers *et. al.* (2007) dizem que “qualquer coisa que possa ser projetada para alcançar um objetivo pode ser considerada um artefato”. No quadro 6, estão relacionados alguns dos tipos mais comuns de artefatos produzidos por pesquisadores da área computacional para solução tecnológica de problemas.

Quadro 6 - Tipos de artefatos

Tipo de artefato	Descrição
Constructo	Vocabulário conceitual de um domínio
Modelo	Proposições que expressam relacionamentos entre os constructos
<i>Framework</i>	Guia, conceitual ou real, que serve como suporte ou guia
Arquitetura	Sistemas de estrutura de alto nível
Princípio de projeto	Princípios-chave e conceitos para guiar o projeto
Método	Passos para executar tarefas – “como fazer”
Instanciação	Implementações em ambientes que operacionalizam constructos, modelos, métodos e outros artefatos abstratos
Teorias de projeto	Conjunto prescritivo de instruções sobre como fazer algo para alcançar determinado objetivo. Uma teoria geralmente inclui outros artefatos abstratos, tais como constructos, modelos, <i>frameworks</i> , arquiteturas, princípios de <i>design</i> e métodos.

Fonte: Adaptado de Pimentel *et. al.* (2018)

Simon (1996) discute o que é um artefato:

“[...] Um artefato pode ser pensado como uma “interface”, um ponto de encontro entre um ambiente “interior” (a substância e organização do próprio artefato) e um ambiente “exterior” (o ambiente em que o artefato atua). Se o ambiente interno é adequado ao ambiente externo, ou vice-versa, o artefato irá servir a sua finalidade (p.5 e 6).”

De acordo com Van Aken (2004), ao se utilizar a DSR tem-se o aumento da relevância da pesquisa uma vez que os resultados por ela trazidos atuam como uma “prescrição” para a resolução de problemas reais, podendo-se utilizar o conhecimento adquirido em cenários práticos. A DSR trata-se de um método de pesquisa com foco na resolução de problemas, desse modo, esse método ao operacionalizar e fundamentar a pesquisa, quando esta objetiva o desenvolvimento de um artefato que, mesmo concebido genericamente, permite que este seja avaliado e refletido em cenários específicos (Hevner *et. al.*, 2004). Assim, ainda que os resultados sejam gerados a partir de um processo, o método contribui não só para o fortalecimento da base de conhecimentos existentes, mas também no aprimoramento de teorias.

Segundo Angeluci *et. al.* (2020) são dois os fatores principais para o desenvolvimento da pesquisa utilizando a metodologia DSR: a relevância e o rigor. O primeiro garante que as soluções práticas, geradas a partir dos resultados encontrados nas pesquisas, sejam utilizadas pelos colaboradores das organizações. Já o segundo torna a pesquisa confiável, contribuindo na construção da base de conhecimento de áreas específicas. Angeluci *et. al.* (2020) ainda diz que “A validade das pesquisas se sustenta na comprovação que o artefato desenvolvido tem condições de atender aos objetivos da pesquisa”.

Ao se avaliar os artefatos deve-se levar em consideração se estes são capazes de resolver problemas reais. Assim, a avaliação de um artefato abarca cinco formas, sendo elas:

- observacional
- analítica
- experimental
- teste
- descritiva

A avaliação observacional concentra-se em verificar o comportamento do artefato aplicado ao ambiente real e com elevado detalhamento - nessa avaliação não há interação do pesquisador com o ambiente, sendo realizada apenas a observação deste. Já na avaliação analítica é realizada a verificação, pelo observador, das melhorias ocorridas no sistema e o desempenho do artefato quando este é integrado no ambiente. A avaliação experimental visa avaliar o comportamento do artefato, para isso utiliza-se uma representação do ambiente. O teste compõe a etapa na qual é verificada a funcionalidade e a utilidade do artefato, não sendo necessário compreender sua estrutura interna para isso. Por fim, a avaliação descritiva verifica se o artefato é ou não útil quando aplicado em diferentes contextos.

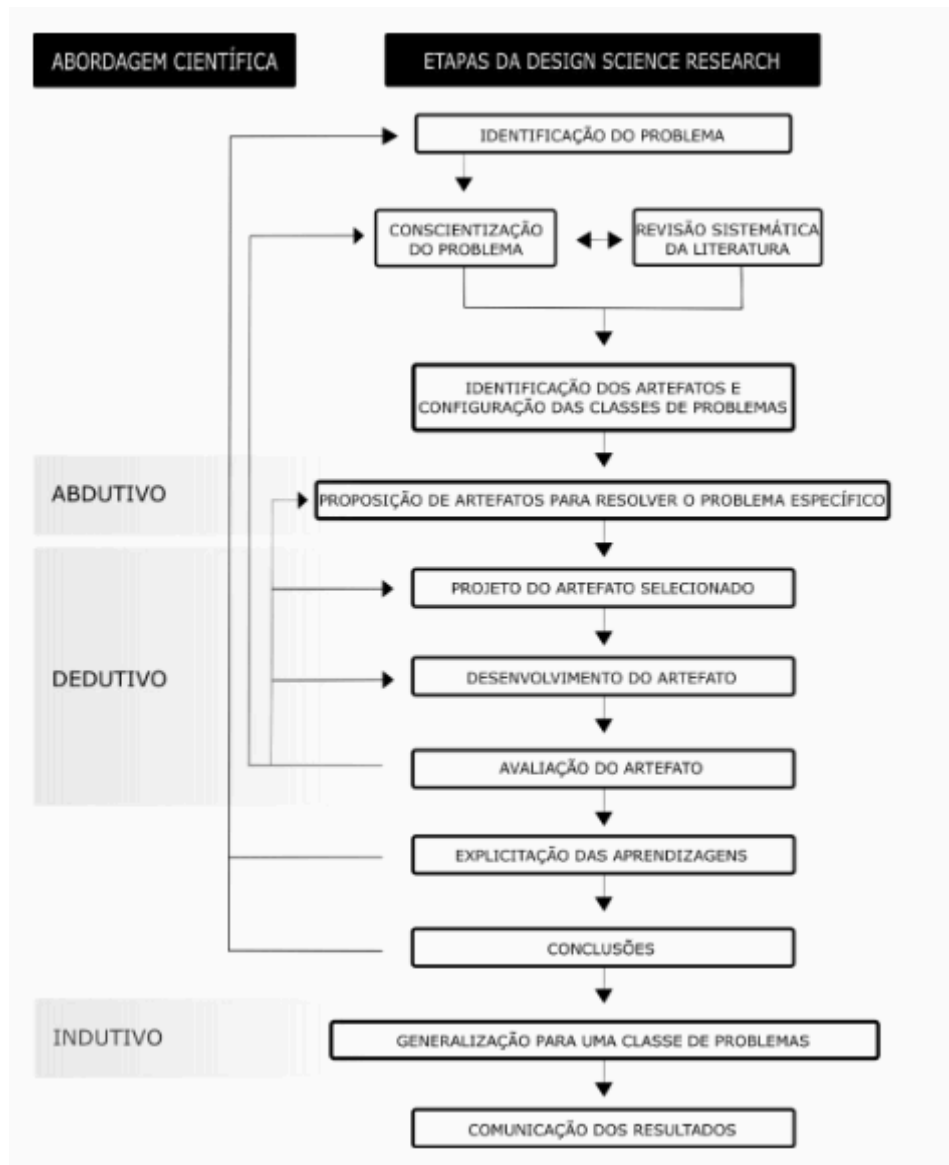
Outro item que deve ser levado em consideração, com relativa importância, são as classes de problemas quando há a generalização dos artefatos de acordo com o conhecimento gerado após a aplicação destes em um problema específico, distribuindo-os consoante a sua similaridade ou especificidade (Angelucci *et. al.* 2020). A partir da necessidade de resolver um problema prático ou teórico, inicia-se a identificação e a construção de classes de problemas. Para isso, deve-se haver a conscientização do problema quando aplicado a um meio organizacional, com a finalidade de estabelecer as metas e/ou objetivos a serem atingidos para a resolução do problema.

Após essa fase inicial de definição das classes de problemas, é necessária a elaboração de uma revisão sistemática da literatura recorrendo ao quadro de soluções empíricas, para que seja determinada a teoria que melhor se ajusta à compreensão do problema. Por meio dessa revisão da literatura é possível a identificação e a compreensão das soluções aos problemas que os artefatos podem oferecer. Köche (2013) enfatiza que o pesquisador ao fazer o uso da a revisão sistemática da literatura é capaz de perceber as variáveis presentes no contexto, podendo, assim, escolher aquelas que ele irá trabalhar.

Conforme detalhado por Angeluci *et. al.* (2020), após a definição do artefato, segue-se para o processo de definição deste, que é iniciado pela camada denominada *design*. Essa camada se refere às prováveis soluções do problema, os artefatos que podem ser desenvolvidos e as premissas necessárias para que esses artefatos sejam funcionais, certificando-se as informações sobre o problema que está em pauta e sua relação com o artefato proposto.

A concepção do artefato, segunda camada, pode ser subdividida em outras quatro subcamadas, a saber: viabilidade, utilidade, representação e construção do artefato. A primeira subcamada, a viabilidade, assegura que a proposta seja capaz de ser implementada em um caso concreto. A utilidade, segunda subcamada, busca explicitar ao usuário seus benefícios e motivações que o levou à escolha. Já a representação, terceira subcamada, visa estabelecer qual o formato mais apropriado para a implementação. Finalmente, a construção do artefato direciona à futura concepção do modelo. Conforme figura 7 a seguir, existem 12 passos principais para operacionalizar a DSR (Dresch *et. al.* 2015).

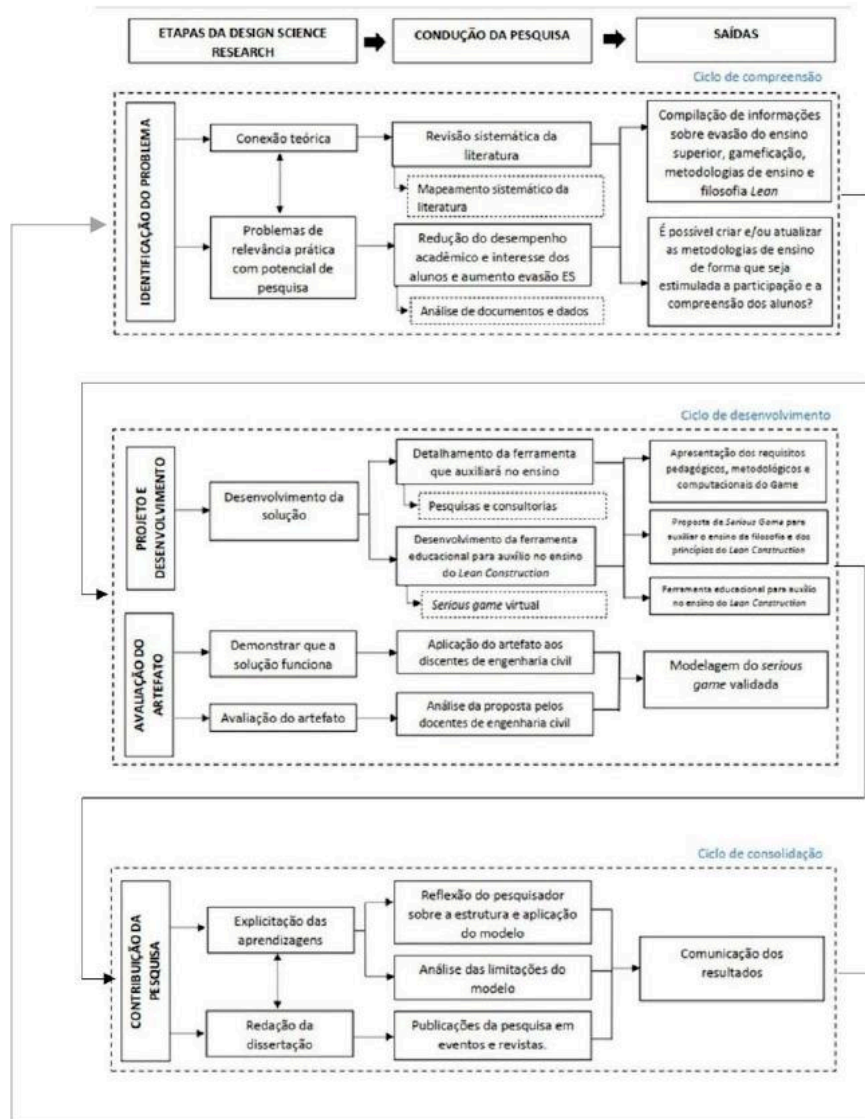
Figura 7 – Condução da pesquisa DSR



Fonte: adaptado de Dresch et. al. 2015

Na figura 8 é apresentada a estrutura metodológica desta pesquisa, que está organizada em 3 (três) ciclos: a compreensão, o desenvolvimento e a consolidação. Assim, as 4 etapas desta pesquisa, originadas dos ciclos, têm por objetivo explicar como as atividades foram executadas para que os objetivos propostos fossem alcançados, resultando na criação do protótipo do jogo educacional - *serious game* "Work in Lean". A seguir está apresentada a descrição das etapas da pesquisa, bem como, o detalhamento das atividades que foram executadas para sua realização.

Figura 8 – Estrutura metodológica da pesquisa



Fonte: Do autor (2022)

Etapa 1 - Identificação do problema

Nesta etapa foi realizada a identificação das disciplinas do curso de engenharia civil com baixo desempenho dos alunos, o que pode ser motivado por um problema de aprendizagem dos discentes. Além disso, também foi realizado o mapeamento sistemático da literatura para identificação dos pontos positivos e as limitações que os serious game têm como ferramenta pedagógica. Para isso, foram realizadas as seguintes atividades:

- a. Levantamento e análise, por disciplina, dos resultados do desempenho acadêmico médio dos estudantes do curso de Engenharia Civil dos últimos 3 (três) ciclos de avaliação do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Será dado ênfase nos resultados relacionados com base nos resultados dos componentes básico e específico, sendo este relacionado à disciplina de Planejamento e Controle da Construção (PCC), que, geralmente, ministra os conteúdos relacionados à filosofia *Lean Construction*.
- b. Identificação, na literatura, das possíveis causas de redução do desempenho acadêmico e do desinteresse dos discentes. Também foram levantados os índices de evasão/desistência no curso de Engenharia Civil, suas causas e formas de redução.
- c. Além disso, foram pesquisados os conceitos sobre o *Lean Construction*, a andragogia e as metodologias ativas e inovadoras que fomentam a participação e proporcionam maior interação dos discentes com os conteúdos trabalhados em aula.
- d. Por fim, foi realizado o mapeamento sistemático da literatura, utilizando-se referências nacionais e internacionais, por meio do Portal de Periódicos CAPES/MEC, para identificação dos requisitos necessários para sucesso na gamificação do ensino e o levantamento dos pontos positivos e as limitações que os *serious game* possam ter como ferramenta pedagógica.

Etapa 2 - Projeto e desenvolvimento

Considerando todas as informações encontradas na revisão bibliográfica, foi elaborado o design do serious game, com o objetivo de ensinar os conceitos *Lean* e promover a diversão daqueles que estiverem jogando. Nessa etapa, foram realizadas as seguintes tarefas:

- a. Para iniciar o desenvolvimento da solução foi necessário definir, por meio da taxonomia de Bloom^[1], os objetivos de aprendizagem alinhados às competências e habilidades esperados do egresso do curso de engenharia civil, segundo a diretriz curricular do MEC.

- b. O detalhamento da ferramenta que auxilia no ensino do *Lean Construction* foi realizado com base nos fundamentos pedagógicos das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial, a partir da definição das ações de aprendizagem;
- c. Além disso, houve a identificação da rede de atividades relevantes para estruturação do jogo. Para isso, foram utilizadas pesquisas sobre casos positivos em que houve a gamificação do ensino e, também, realizadas consultorias com profissionais que atuam na área para identificação das premissas de um game, necessárias ao aprimoramento da ferramenta proposta quando inserida no formato virtual.
- d. A partir disso, foi definida a estrutura própria do protótipo do jogo, que contempla quais conceitos são ensinados, o detalhamento das fases e sua organização, a forma de pontuação, de progressão e de feedback, a forma de participação do jogador, a dinâmica de interação e os meios computacionais para que sejam alcançados os objetivos educacionais.
- e. Por fim, após estruturado o game, este foi transferido para a plataforma digital, onde os discentes podem jogar simultaneamente e, assim, sendo possível o registro e avaliação do desempenho dos participantes - no caso do desenvolvimento do protótipo como software operacional.

Essa etapa teve como principais resultados a idealização da estrutura, a concepção e o estabelecimento de técnicas e metodologias para funcionamento do protótipo do *serious game*.

Etapa 3 - Avaliação do artefato

Por meio da avaliação de cenários - tipo avaliação descritiva - esta etapa teve por objetivo a verificação da aceitação da ferramenta educacional pelos usuários em potencial do jogo, quais sejam, estudantes de engenharia civil de universidades públicas e particulares. Para isso, o protótipo foi submetido ao uso de uma amostra composta por 20 alunos de graduação em engenharia civil da Universidade de Brasília, da disciplina de Planejamento e Controle, que aborda os conceitos do *Lean Construction* dentro da formação acadêmica, havendo como requisito para cursá-la a aprovação anterior na disciplina de Tecnologia das Construções 1.

[1] - A Taxonomia de Bloom é utilizada para definir objetivos de aprendizagem e planejar aulas, respeitando a hierarquia dos objetivos educacionais. Classifica os domínios de aprendizagem por meio de uma listagem das competências e processos envolvidos nas atividades educativas, estabelecendo critérios avaliativos. A premissa central é que, após uma atividade escolar, os alunos adquiram novos conhecimentos e habilidades, atingindo o objetivo principal do processo de ensino e aprendizagem (Bloom, 1956).

Para determinação da importância que a solução teve, isto é, o jogo como recurso de aprendizagem, e para entender o contexto de estudo dos alunos, bem como os conhecimentos adquiridos com o game, um questionário foi aplicado aos alunos do curso de graduação em engenharia civil que participaram da experimentação do game, conforme modelo contido no apêndice I.

A aplicação do protótipo ocorreu no dia 08 de abril de 2024, aos estudantes de engenharia civil da Universidade de Brasília (UnB), com a presença de 20 alunos. Para análise dos dados, que foram coletados por meio de perguntas estruturadas em escala likert e em campos abertos de manifestação e por meio da observação e discussão com os participantes e docentes, foram empregadas as técnicas apropriadas à metodologia, conforme detalhado no Capítulo 4, seção 4.3.2.

Etapa 4 - Contribuição da pesquisa

Por fim, esta etapa teve como objetivo sintetizar as contribuições de aprendizagem que o *serious game* desenvolvido proporcionou aos participantes, relacionando-as às referências da literatura visando ratificar as contribuições do protótipo de jogo educativo para o ensino do *Lean Construction* para o campo da educação em Engenharia Civil. Ademais, foi realizada a reflexão sobre a estrutura e a aplicação do modelo desenvolvido e a análise das limitações encontradas. Com isso, foi possível a conclusão da redação da dissertação e a comunicação dos resultados, por meio da publicação em revistas, eventos e periódicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão detalhados e discutidos os procedimentos e resultados de cada uma das etapas descritas no capítulo da metodologia, apresentado acima. Desse modo, foram gerados quatro focos principais de trabalho, sendo eles: o problema da redução do desempenho acadêmico e suas causas, o projeto e o desenvolvimento do *serious game*, a avaliação do artefato, por meio da seleção de amostra e da análise dos resultados quando da sua aplicação e, por fim, as análises quanto à contribuição da pesquisa.

4.1. Identificação do problema

Por meio da revisão sistemática da literatura foram levantados os conceitos sobre a andragogia, o *lean construction* e as metodologias ativas e inovadoras de ensino, dentre elas a gamificação, que fomenta a participação e proporciona maior interação dos discentes com os conteúdos trabalhados em aula. A andragogia que trata do ensino do processo de ensino-aprendizagem de adultos, utiliza-se de metodologias para melhoria da educação, seja presencial ou a distância. Para isso é necessário que seja considerado no seu processo de planejamento as especificidades do público a que se destina, principalmente às particularidades dos estudantes adultos, que muitas vezes não são asseguradas pela pedagogia (COELHO et. al., 2016).

Em se tratando do ensino da engenharia civil, a formação do profissional é projetada a partir do desenvolvimento de certas competências e habilidades, necessárias ao bom desempenho profissional. Dentre estas, são consideradas relevantes para a atuação dos novos profissionais, as competências relacionadas à capacidade de liderar, de inovar, de gerir de pessoas, de comunicar eficazmente, de iniciativa, de empreender, de trabalhar em grupo, de aprender de forma autônoma, a responsabilidade civil, dentre outras (UNDP, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2019; ABENGE 2021). Nesse contexto, o ensino do *Lean Construction*, no curso de engenharia civil, auxilia no processo de desenvolvimento das competências listadas acima, por meio da compreensão teórica e prática dos conceitos listados em seus 11 (onze) princípios, que norteiam o processo de construção, apresentados por Koskela (1992). Justifica-se a escolha do *Lean Construction* pois seus princípios podem se relacionar às

diversas áreas da engenharia civil, promovendo a conexão entre os conteúdos ensinados do curso e as competências profissionais.

Para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem e para contornar o problema da redução do desempenho acadêmico e de desistência no curso de engenharia civil, conforme dados apresentados na revisão da literatura, a adoção da gamificação pode ser uma estratégia para promoção do engajamento e da permanência dos estudantes no curso de engenharia civil, consoante aos resultados positivos apresentados a partir do uso desta metodologia nas seções 2.2, 2.5.3 e 2.5.6. Além disso, a utilização da gamificação para o ensino do *Lean construction*, conforme listado na quadro 3, promove o desenvolvimento não somente do conteúdo propriamente ensinado no jogo, mas também de várias habilidades interpessoais transversais ao processo de ensino, auxiliando também no alcance das competências e habilidades necessárias ao profissional de engenharia civil.

Adentrando na competência de desenvolvimento dos serious games para o ensino do *Lean Construction*, é possível reunir os principais elementos, encontrados e avaliados nos jogos levantados a partir da revisão da literatura na seção 2.4.3, em 4 grupos, sendo eles:

- a identificação das competências desejadas com as atividades que desenvolvem no jogo. (Blöchl & Michalicki, 2017)
- o contexto, a mecânica de funcionamento do jogo e sua metodologia de aplicação. (Jacobsen; Strange; Teizer, 2021; Brandalise et. al. 2021; e Pütz et. al. 2021);
- a possibilidade de ferramenta de avaliação e feedback imediatos para melhorar a aplicabilidade educacional e aumentar a validade do jogo; (Blöchl; Michalicki, 2017 e Dukovska-popovska; Hove-Madsen; Nielsen, 2008); e
- a modalidade de desenvolvimento do game, para diálogo com os usuários, sendo eles virtuais/digitais (que utilizam as TIC's) ou de tabuleiro (físicos/presenciais). (Biotto et. al. 2021; Jacobsen; Strange; Teizer, 2021; e Witeck e Alves, 2020); e

Posto isso, a próxima seção discorre sobre o projeto e desenvolvimento do protótipo de *serious game* para ensino do *Lean Construction*, considerando os elementos destacados acima.

4.2. Projeto e desenvolvimento

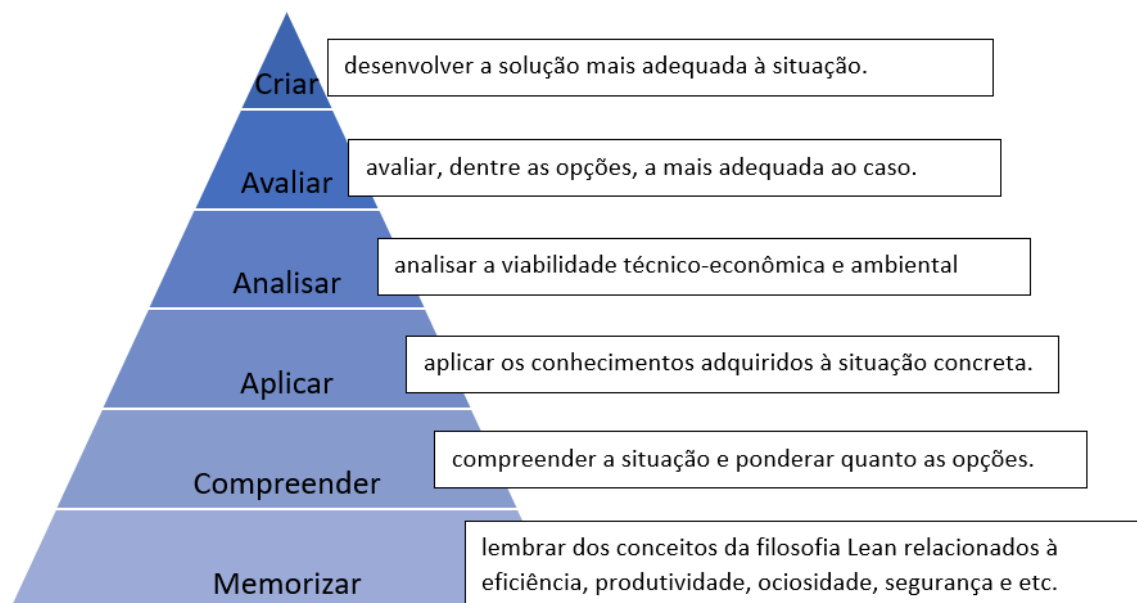
4.2.1. Objetivos de aprendizagem a serem alcançados

O Ministério da Educação (MEC) estabeleceu por meio da Resolução N° 2, de 24 de abril de 2019, que define a diretriz curricular dos cursos de graduação em engenharia, as competências da formação geral esperadas de todo engenheiro egresso. Além disso, A Resolução CONFEA n° 1.073, de 19 de abril de 2016, elenca em seu Art. 5° as atividades que podem ser atribuídas a profissionais de profissões que integram o Sistema Confea/Crea, entre elas a de engenheiro civil, que relacionam-se diretamente ao desenvolvimento das competências profissionais dos egressos. Desse modo, para alcance das competências e habilidades esperadas dos egressos do curso de engenharia civil, é preciso a definição dos objetivos de aprendizagem, necessários à aquisição e/ou desenvolvimento daquelas.

Nesse sentido, com a utilização da Taxonomia de Bloom, revisada por Krathwohl, é possível a definição e organização dos objetivos educacionais a serem trabalhados nos serious game, visando o alcance das competências de formação geral do profissional de engenharia. Também conhecida como taxonomia dos objetivos educacionais, essa metodologia utiliza a hierarquia de objetivos para alcance do sucesso no processo de ensino e aprendizagem. A abordagem por hierarquização de objetivos de aprendizagem tem como fundamento a divisão destes nos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor, sendo o primeiro o mais trabalhado entre eles. Em cada um desses três domínios, por meio de uma pirâmide, os objetivos educacionais são classificados em relação aos seus diferentes níveis de aprendizado, buscando-se que o aluno percorra todos os níveis da pirâmide durante o processo, completando o ciclo de aprendizagem. (Bloom, 1956; Krathwohl, 2002)

Dessa forma, seguindo os conceitos brevemente apresentados acima acerca da Taxonomia de Bloom, as principais competências necessárias para o curso das engenharias foram agrupadas nos campos de criar, avaliar, analisar, aplicar, compreender e memorizar, que, nesta ordem e a partir do topo, formam a pirâmide que estrutura o processo de ensino por meio da taxonomia dos objetivos educacionais, conforme figura 9.

Figura 9 - Estrutura do processo de ensino segundo a Taxonomia de Bloom revisada por Krathwohl



Fonte: Krathwohl (2002) ajustada pelo autor

Assim, a partir da taxonomia de Bloom e sequência de competências desejadas, foram definidos os objetivos de aprendizagem a partir dos princípios do *Lean Construction*, a serem trabalhados e alcançados por meio do *serious game* a ser desenvolvido, sendo eles:

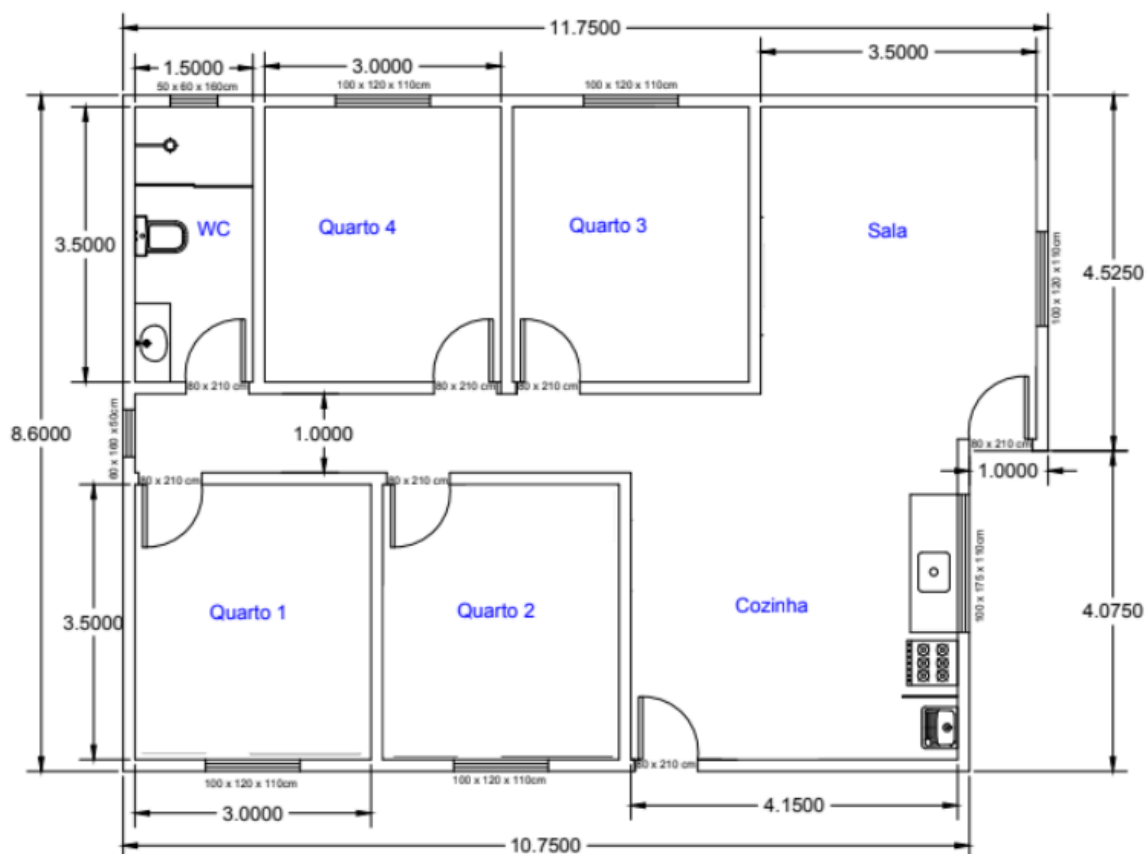
- análise crítica para a diminuição do tempo de ciclo;
- diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final;
- aumento da transparência do processo com a introdução do processo de melhoria contínua na construção;
- eliminação de custos de transporte e de armazenamento;
- a redução de tempos de ciclo dos processos e de perdas;
- foco no controle total do processo;
- segurança do trabalho, com foco nos trabalhadores e visitantes;
- simplificação das atividades por meio da redução do número de etapas;
- planejamento e controle das atividades;

- redução da variabilidade; e
- manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões.

4.2.2. Contexto de desenvolvimento

Buscando-se aproximar a teoria e a prática, o enredo do jogo foi determinado como a construção de uma residência unifamiliar, por meio da utilização de um projeto real, conforme figura 10, em que algumas das fases foram revisitadas e sintetizadas de modo a adequá-las à objetividade que deve haver no jogo e às restrições presentes na plataforma de desenvolvimento.

Figura 10 - Projeto residência unifamiliar



Fonte: do autor.

Dessa forma, inicialmente foram estudadas quais etapas poderiam ser agrupadas para construção de uma fase e quais princípios do *lean* seriam trabalhados em cada fase. Assim as etapas construtivas foram divididas e consolidadas em 5 fases, sendo elas:

- Etapa 1 - preparação do terreno, envolvendo as atividades de terraplanagem e compactação;
- Etapa 2 - Organização do canteiro de obras;
- Etapa 3 - Perfuração da fundação;
- Etapa 4 - Execução da base, alvenaria, laje e telhado (Denominada BALT); e
- Etapa 5 - Preparação, pintura e acabamento (Denominada PPA).

Ao final foi possível a consolidação das informações em uma matriz de design instrucional (MDI) do protótipo do serious game a ser desenvolvido, conforme apresentado no quadro 7. Segundo Filatro e Cairo (2015), esse *design* “refere-se tanto ao processo de concepção e desenvolvimento de uma solução definida e visível quanto ao produto resultante desse processo”. Essa matriz foi construída a partir das ações de aprendizagem, dos resultados esperados, das ferramentas e meios necessários para o alcance do objetivo do jogo.

Quadro 7 - Matriz de design instrucional do protótipo

Elementos da matriz	Descrição	Detalhamento
Contexto	Construção de uma residência unifamiliar;	O aluno deverá acompanhar, controlar, planejar e decidir sobre as diversas etapas que compõem a construção de uma residência unifamiliar, avaliando sempre os benefícios das opções disponíveis, a redução de custos, tempos e impactos, sejam diretos ou indiretos, que influenciam no processo construtivo.
Tarefas	Resolução de situações problema, desafiadoras e/ou decisórias, que envolvem: Etapa 1 - Terraplanagem Etapa 2 - Organização do canteiro de obras Etapa 3 - Perfuração da	Principais ações realizadas: Etapa 1 - Seleção de composição e avaliação de orçamentos; Etapa 2 - Planejamento, controle e segurança das instalações e trabalhadores; Etapa 3 - Seleção de composição,

	<p>fundação Etapa 4 - base, alvenaria, laje e telhado Etapa 5 - Preparação, pintura e acabamento</p>	<p>avaliação de orçamentos, análise de documentos técnicos. Etapa 4 - Planejamento e controle total do processo; e Etapa 5 - Planejamento, acompanhamento e controle.</p>
Elementos da matriz	Descrição	Detalhamento
Objetivos	<p>Alcance das competências gerais necessárias aos egressos do curso de engenharia civil, especificamente o conteúdo do Lean Construction.</p>	<p>Conhecimento e prática dos princípios e ações pautados na filosofia de construção enxuta - <i>Lean Construction</i>. Sendo o aluno ensinado por meio da metodologia ativa, na qual ele participa efetivamente da construção do conhecimento.</p>
Duração	<p>Duração estimada de 1 hora.</p>	<p>A duração estimada considera a efetiva participação do jogador na exploração de todas as funcionalidades do protótipo e também para desenvolvimento completo das 5 etapas.</p>
Interface	<p>Virtual</p>	<p>Desenvolvimento uma situação real utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação, na qual se insere no cotidiano dos jogadores.</p>
Recursos necessários para utilização	<p>Celular com sistema Android ou IOS, tablet ou computador (desktop ou notebook)</p>	<p>O protótipo deve guardar compatibilidade com os diversas recursos tecnológicos</p>
Elementos de complementares ao processo de gamificação e de ensino	<p>Disponibilização de recursos necessários ao acesso e à ampliação do conhecimento, bem como para registro e acompanhamento de informações.</p>	<p>Ranking / classificação final Relatórios de desempenho Tempo total de uso Tempo de uso por etapa Explicações do conteúdo trabalhado Vídeos sobre o conteúdo trabalhado Artigos acadêmicos sobre o tema Conhecimento imediato dos erros e dos acertos</p>
Mediação	<p>Haverá mediador</p>	<p>Para aplicação do protótipo de <i>serious game</i>, que funcionará como ferramenta complementar do ensino, será necessária a presença de docente ou profissional especializado que possa auxiliar os jogadores, caso haja necessidade, e</p>

		conduzir o processo de discussão posteriormente.
Feedback	Feedback ao jogador: repasse de informação para compreensão do conteúdo	Feedback imediato para as escolhas realizadas pelos jogadores ao final de cada etapa/fase.
	Feedback ao desenvolvedor: Coleta de informações necessárias para melhoria do protótipo	Dentro do jogo: coleta de informações por meio de campo específico. Dentro da pesquisa: coleta de informações por meio de formulário
Avaliação	Mensuração dos resultados esperados para alcance do sucesso processo de ensino aprendizagem	Dentro do jogo: coleta de informações por meio de campo específico. Dentro da pesquisa: coleta de informações por meio de formulário

Fonte: do autor

4.2.3. Desenvolvimento do protótipo

Após definidos o contexto, os objetivos e os elementos essenciais acima apresentados, foi dado início ao desenvolvimento do protótipo. Para isso, foi contratada uma empresa especializada no desenvolvimento de jogos, tanto para entretenimento como educacionais, para codificação do protótipo desenvolvido pelo autor em plataforma digital. A Orc’estra, Empresa Júnior da Universidade de Brasília (UnB), realizou o processo de prototipagem do serious game, denominado Work in Lean, na plataforma Figma, conforme Plano Geral da Gamificação e Documentos de Requisitos Finais nos apêndices II e III, respectivamente. Ao longo do processo, trabalharam no projeto 6 estudantes de diferentes áreas de formação, realizando a codificação das tarefas, das interfaces e das métricas no software Figma.

Por meio de reuniões periódicas foram repassadas as informações e documentos necessários que detalharam os objetivos, os conteúdos de ensino, fases e os pontos de avaliação do jogo, bem como os subsídios de layout e interface para construção da codificação deste. Além disso, a empresa júnior, com base em sua vasta experiência, realizou os ajustes necessários para apresentação do conteúdo aos módulos disponíveis desenvolvimento disponíveis,

adequando-o à plataforma utilizada e de modo a atender os mais diversos perfis de jogadores, sendo eles, o archiver, o player e o socializer, conforme detalhado no apêndice II.

Na próxima seção, estão descritos detalhadamente os passos para a construção do protótipo, organizando a interface de apresentação de acordo com a sequência de ações que ocorrem. Essa abordagem visa facilitar tanto o entendimento do processo quanto a demonstração do resultado final, culminando na formação completa do protótipo.

4.2.4. Funcionalidades e dinâmicas de jogo

4.2.4.1. Acesso

Visando facilitar o acesso ao sistema, foi pensado juntamente com a equipe de desenvolvimento do protótipo a forma de login para registro de usuários e formação de banco de dados para coleta de informações. Utilizando os padrões mais comuns adotados nos sistemas de comunicação e informação optou-se pela entrada no sistema utilizando o e-mail e uma senha, sendo os dados preenchidos no cadastro inicial. Além disso, há uma separação entre os perfis de estudante e de professor. Tal fato se motiva pelas funcionalidades disponíveis em cada um dos perfis.

O usuário estudante deverá, por meio do link disponível no campo “cadastre-se”, criar o seu perfil preenchendo as informações básicas para sua identificação, sendo elas: seu nome, sexo, idade, estado em que vive e, caso seja estudante, informações acadêmicas (nome da universidade, se é pública ou particular, o curso e o período). Para o usuário professor, as informações a serem preenchidas são: nome, sexo, idade, estado em que vive e nome da universidade que leciona, se é pública ou particular, e qual disciplina ele ministra. Para acesso ao sistema, ambos perfis utilizam o e-mail cadastrado como login, juntamente com uma senha, conforme detalhado na figura 11.

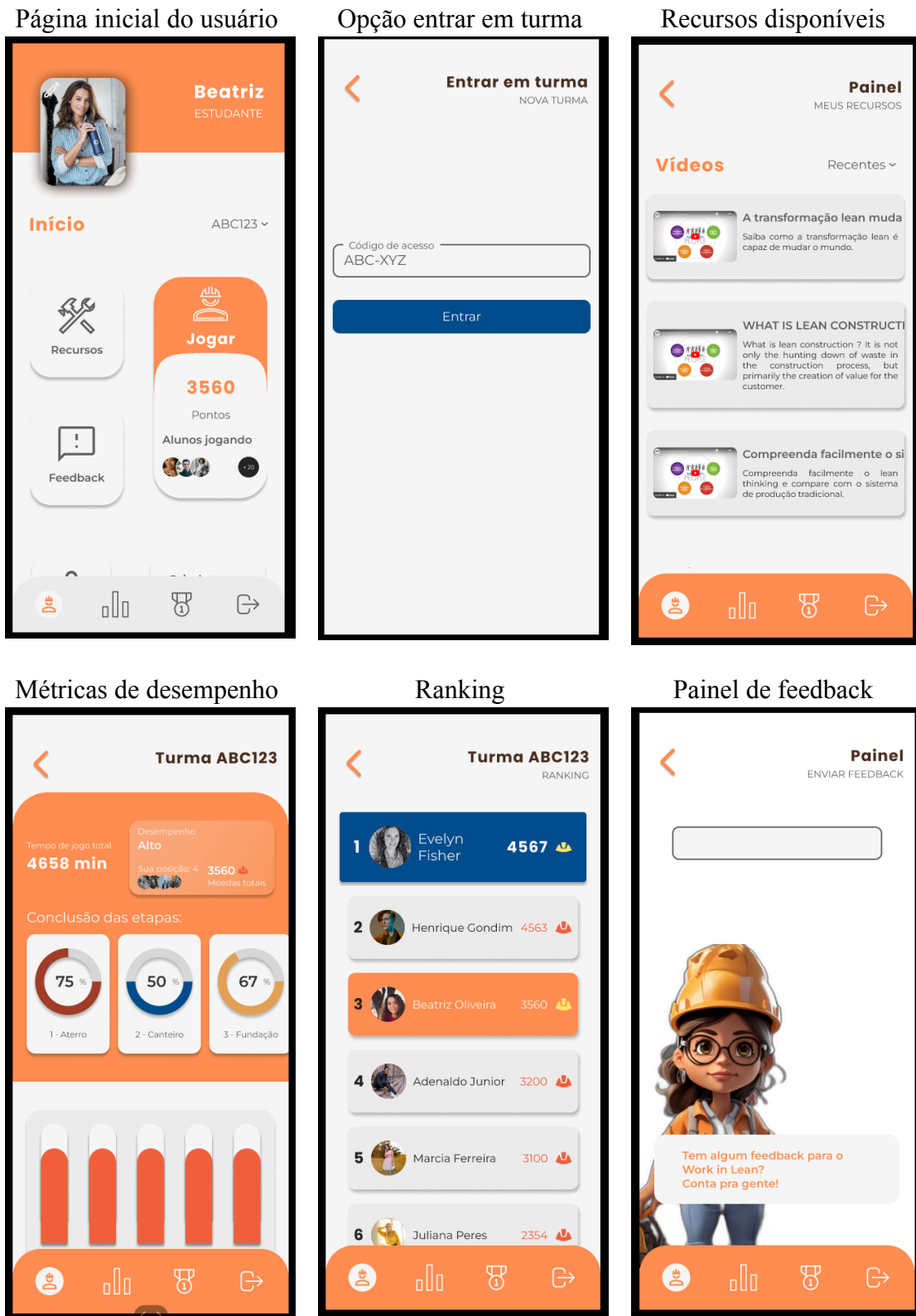
Figura 11 - Informações de acesso e cadastro no jogo

The image displays two mobile application screens. The left screen is a login page with a vertical orange bar on the left containing the text 'Estudante' (top) and 'Professor' (bottom). The main content area has a logo with blue and orange bars, followed by the text 'Bem vindo ao Work in Lean'. Below this is a 'Log in' section with input fields for 'Email' and 'Senha', and a blue 'Entrar' button. A link 'Não possui conta? Cadastre-se' is located below the password field. The right screen is titled 'Suas informações ESTUDANTE' and features a circular profile picture of a woman. Below the photo are several input fields: 'Nome', 'Email', 'Senha', gender selection ('Masculino' and 'Feminino'), 'Idade', 'Estado', 'Nome da universidade', type selection ('Pública' and 'Particular'), 'Curso', and 'Período'. A blue 'Salvar' button is at the bottom.

Fonte: Do autor

O perfil do estudante foi concebido com uma abordagem centrada no aluno, oferecendo a possibilidade de visualizar suas métricas de desempenho por fase, o total de pontos alcançados, sua turma, fornecer feedback no sistema, observar quantos alunos estão jogando no momento, verificar sua posição no ranking e, se desejar, sair ou excluir sua conta, conforme ilustrado na imagem 12 abaixo.

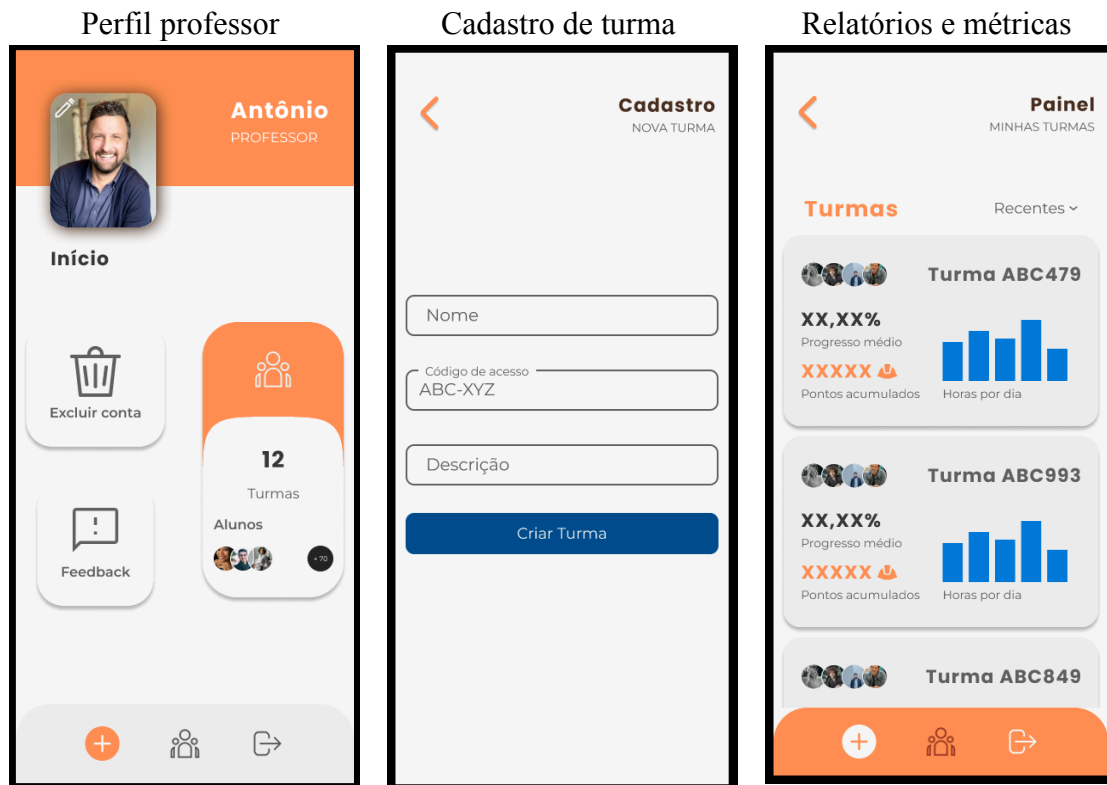
Figura 12 - Funcionalidades disponíveis no perfil do aluno



Fonte: do autor

O perfil do professor, conforme evidenciado na figura 13, tem como principal objetivo acompanhar o desempenho dos alunos, para o qual são disponibilizadas ferramentas específicas. Além disso, o professor pode fornecer feedback e gerenciar sua conta, incluindo a opção de exclusão ou saída. Com esse propósito em mente, foram desenvolvidas funcionalidades como "criar turma", que permite aos alunos se associarem ao jogo ao ingressarem em uma turma designada, e a capacidade de gerar relatórios detalhados. Esses relatórios fornecem informações como: quais alunos estão matriculados em uma turma específica, o progresso médio por turma, os pontos acumulados e o tempo médio de conexão dos jogadores por dia.

Figura 13 - Funcionalidades disponíveis no perfil do professor



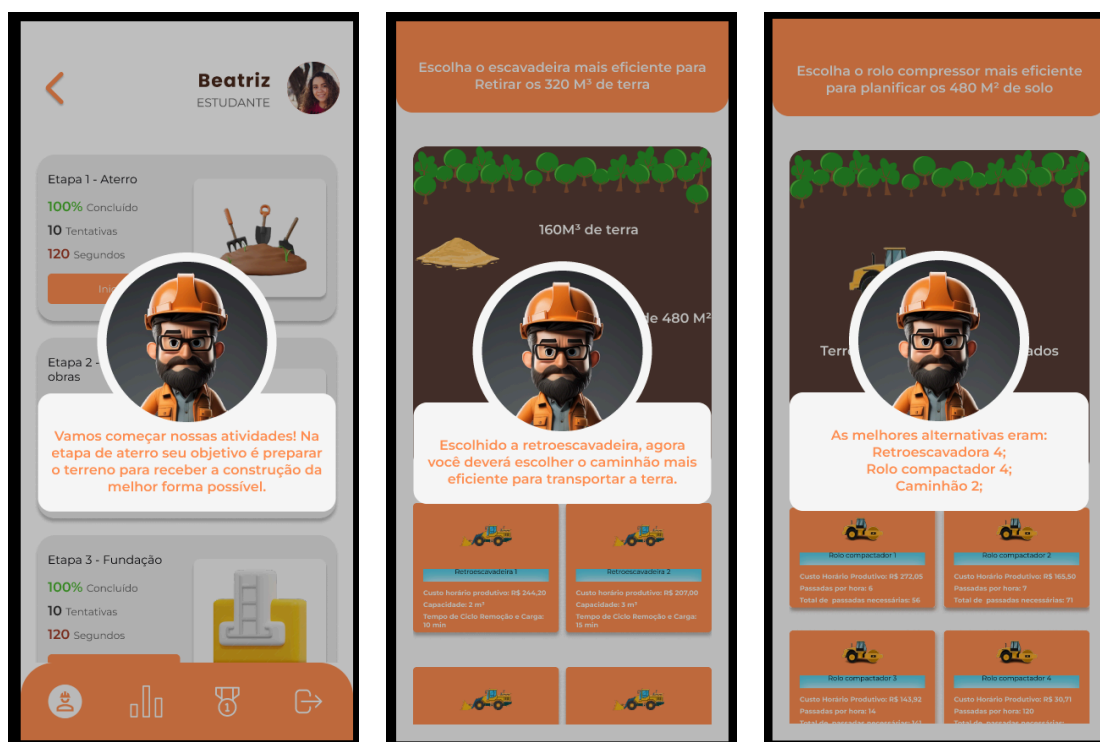
Fonte: do autor

4.2.4.2. Mecânica do Jogo

O jogo foi desenvolvido com base na interação do jogador com situações-problema relacionadas à construção de uma residência unifamiliar. O jogador é desafiado a fazer escolhas que envolvem selecionar opções com melhor custo-benefício ou posicionar

instalações, equipamentos, depósitos e outros elementos de forma mais apropriada, levando em consideração a etapa de construção em que se encontra. Essas ações são conduzidas ao longo do jogo, com o jogador recebendo orientação contínua por meio de diálogos autoexplicativos que surgem durante as diferentes fases. A imagem 14 ilustra um exemplo desses diálogos, que ocorrem desde o início até o final da etapa 1 do jogo.

Figura 14 - Exemplo de diálogo de explicação das etapas



Fonte: do autor

4.2.4.3. Etapas do jogo e seus detalhamentos

Conforme apresentado inicialmente no tópico 4.2.2 o jogo está dividido em cinco etapas, sendo detalhados os objetivos de ensino, as ações necessárias ao cumprimento da missão com aproveitamento e o feedback explicativo, conforme detalhado a seguir:

Etapa 1 - Aterro do terreno: Esta etapa visa desenvolver no estudante a análise crítica para a diminuição do tempo de ciclo, a diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final e a redução de custos e prazos. A diminuição do tempo de ciclo busca ensinar aos estudantes o tempo necessário para execução de cada atividade, criando-se um

cronograma factível na obra. O tempo de ciclo é a soma dos tempos de processamento, de inspeção, movimentação e de espera. O objetivo é tentar reduzir os tempos além do tempo de processamento, adotando equipamentos mais eficazes e sempre comparando o custo benefício destes.

Já a diminuição das etapas que não agregam valor, visa eliminar todas aquelas atividades que consomem recursos - incluídos o tempo e o espaço por exemplo no caso de movimentação interna e armazenamento de insumos - do empreendimento ou geram desperdícios e que podem ser suprimidas pois não agregam valor na visão final do cliente. Por fim, a redução de custos foca no controle dos recursos financeiros da construção, eliminando atividades desnecessárias ou que podem ser executadas de forma mais eficiente com um dispêndio menor.

Como missão, o usuário terá que selecionar a melhor composição de equipamentos para transporte, extração e compactação do solo (1 caminhão, 1 escavadeira, 1 rolo compactador) para a realização da regularização do terreno, no qual será realizada a construção da residência. Inicialmente é informado ao jogador que o terreno possui 480 m² e que será necessário um movimento de terra de 320 m³.

Para a seleção dos equipamentos foram disponibilizadas as seguintes opções:

Quadro 8 - Etapa 1 - Opções de equipamento para escavação

Atividade	Item	Capacidade	Custo Horário Produtivo	Custo Horário Produtivo	Quantidade por movimentação m ³	Tempo de Ciclo Remoção e Carga minutos	Opção ideal
Extração do solo	1	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 4,07	RS 2,04	2	10	
	2	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 3,45	RS 1,73	3	15	X
	3	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 2,15	RS 1,08	5	17	
	4	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 3,07	RS 1,54	8	20	

Fonte: do autor

Quadro 9 - Etapa 1 - Opções de equipamento para transporte

			Custo m³xkm	Custo Horário Produtivo	Quantidade por movimentação m³	Distância de transporte	Tempo de Ciclo Carga Transporte Des carga Retorno minutos	Opção ideal
Transporte	1	TRANSPORTE COM CAMI NHÃO BASCULANTE DE 6 M³	RS 3,05	RS 1,53	6	25	20	X
	2	TRANSPORTE COM CAMI NHÃO BASCULANTE DE 10 M³	RS 2,55	RS 1,28	10	25	30	
	3	TRANSPORTE COM CAMI NHÃO BASCULANTE DE 14 M³	RS 2,21	RS 1,11	14	25	34	
	4	TRANSPORTE COM CAMI NHÃO BASCULANTE DE 18 M³	RS 1,90	RS 0,95	18	25	40	

Fonte: do autor

Quadro 10 - Etapa 1 - Opções de equipamento para compactação

			Custo Horário Produtivo	Nº de pas sadas por hora	Total de pas sadas necessárias	Opção ideal
Compactação do solo	1	ROLO COMPACTADOR PE DE CARNEIRO VI BRATORIO LARGURA DE TRABALHO 2,15 M	RS 272,05	6	56	
	2	ROLO COMPACTADOR VI BRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS LARGURA DE TRABALHO 1,68 M	RS 165,50	7	71	X
	3	ROLO COMPACTADOR VI BRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO, LARGURA DE TRABALHO 0,85 M	RS 143,92	14	141	
	4	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) LARGURA DE TRABALHO 0,1 M	RS 30,71	120	1200	

Fonte: do autor

As opções ideais foram definidas em razão da produtividade e eficiência do equipamento em relação ao seu custo. A adoção de equipamentos produtivos e eficientes não só reduz custos operacionais e de manutenção, mas também aumenta a produção e a qualidade dos processos. Esta escolha estratégica permite uma alocação mais eficaz dos recursos financeiros, evitando desperdícios e maximizando os lucros. Além disso, a utilização de equipamentos eficientes promove a confiabilidade e a consistência nas operações, resultando em menos interrupções e

maior satisfação dos clientes. Ao integrar a eficiência com a produtividade, as empresas podem atender melhor às demandas do mercado, mantendo-se competitivas e sustentáveis a longo prazo. Dessa forma, a decisão por equipamentos que aliam alta performance a custos reduzidos reflete uma gestão inteligente e orientada para resultados positivos contínuos. Na conclusão da etapa, o jogador recebe o feedback de qual seria a melhor composição, levando em consideração o custo, a capacidade, o tempo de trajeto, de carga e de descarga, e como é realizado o cálculo para chegar no resultado, conforme apresentado na figura 15 a seguir:

Figura 15 - Explicação do resultado da Etapa 1





Fonte: Do autor

Ademais, cabe justificar que a adoção de equipamentos de grande porte, como os descritos nas opções acima, mesmo que não comuns em construções de residências unifamiliares, teve como objetivo aumentar a significância da adoção de melhores práticas para economia de recursos e aumento da produtividade. Com isso, buscou-se facilitar para o jogador/estudante a visualização de qual seria a escolha ideal, em razão do caráter introdutório e complementar do jogo ao processo de ensino.

Etapa 2 - Preparação do canteiro de obras: Esta etapa tem como objetivo desenvolver no estudante o entendimento quanto aos benefícios trazidos para a obra com o aumento da transparência do processo e com a introdução do processo de melhoria contínua na construção. A transparência está relacionada diretamente com o processo de melhoria contínua, pois ao se implementar a primeira, busca-se aumentar a visibilidade dos erros, diminuir as chances desses erros acontecerem, ao passo que motiva os recursos humanos a buscar e implementar as melhorias. Assim, para que o processo de melhoria contínua tenha efetividade, é necessário que todos do empreendimento tenham conhecimento que suas

atividades individuais influem no resultado final, impactando nos resultados do negócio e do cliente.

Além disso, também tem como objetivo a eliminação de custos de transporte e de armazenamento, a redução de tempos de ciclo dos processos e de perdas e o foco no controle total do processo. A eliminação e redução dos tempos e perdas promove o controle dos prazos de uma construção, sendo ferramenta essencial no planejamento e cumprimento dos contratos. Não se pode esquecer que a locação correta em um canteiro de obras também promove a segurança dos trabalhadores e visitantes. O planejamento do canteiro visa determinar corretamente as áreas de armazenamento, de circulação de pessoas, de equipamentos e de veículos, áreas de processamento de insumos, dentre outras, fazendo a correta sinalização das instalações e áreas de risco de acidentes.

A Etapa 2 desenvolve-se em relação à locação das instalações necessárias para o canteiro de obras, como, armazéns de insumos, depósito de rejeitos, escritório, instalações essenciais aos profissionais (banheiro e refeitório) e às atividades de desenvolvimento (armação, marcenaria), entre outras. Para isso, a área do lote foi dividida em quadrantes de 2m x 2m nos quais o jogador poderá decidir a localização das instalações no canteiro de obras, por meio do “click” na tela até selecionar a instalação desejada, consoante figura 16. A projeção da construção é demarcada pelo seu telhado e por isso não é possível a seleção de instalações nessa área.

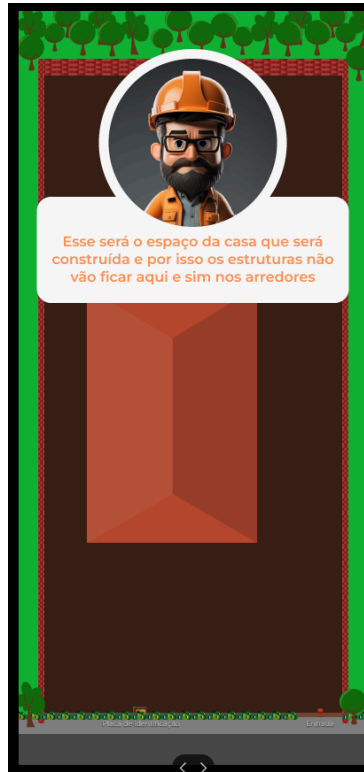
Esta etapa não apresenta uma única resposta como solução, pois é possível diferentes arranjos para o canteiro de obras, mas objetiva o entendimento crítico do jogador para a importância dessa tarefa. Ao final da etapa o jogador deve compreender que a locação mais adequada é aquela que possibilita menor distância de transporte, e conseqüentemente menor custo, proporciona aos operários e visitantes fácil e segura locomoção e as instalações necessárias para desenvolvimento de todas atividades, seja de descanso, refeições ou de produção.

Figura 16 - Etapa 2 - Explicação e resultado

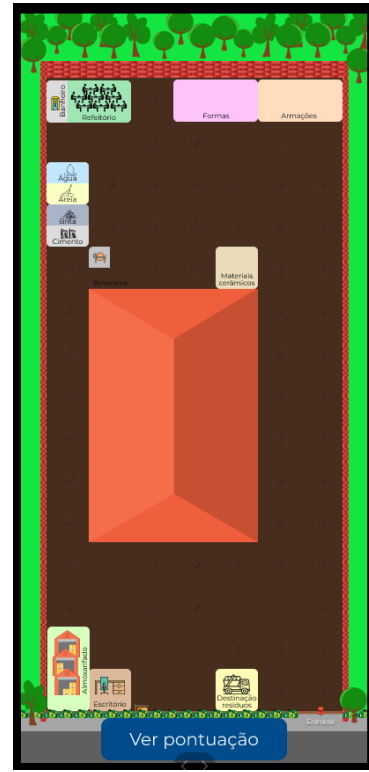
Divisão do terreno para click



Explicação da etapa 2



Resposta Etapa 2



Fonte: do autor

Etapa 3 - Fundação: Esta etapa visa desenvolver no estudante o entendimento quanto a diminuição dos tempos de ciclo, a introdução do processo de melhoria contínua na construção e o foco no controle global do processo. A diminuição dos tempos de ciclo e de melhoria contínua estão relacionados à criação de uma cultura de redução de desperdícios e geração de mais valor para o produto e para o cliente. A melhoria contínua influencia os demais processos, sendo um revisor das medidas já implementadas e promovendo a adoção de novas ações para correção dos erros encontrados. O controle global do processo visa medir os processos e conseqüentemente identificar quais destes estão havendo desperdícios e saná-los. Assim, para que a melhoria contínua aconteça é necessário que haja a medição e o controle dos processos, retroalimentando o sistema com as correções e melhorias necessárias.

Para cumprimento da missão desta etapa, o usuário deverá selecionar a melhor opção de equipamento para perfuração do solo para instalação das estruturas de função da edificação, com base nas especificações técnicas dos equipamentos e das características do laudo de sondagem do terreno, conforme descrito no quadro 11 abaixo.

Quadro 11 - Etapa 3 - Opções de equipamento para perfuração do solo

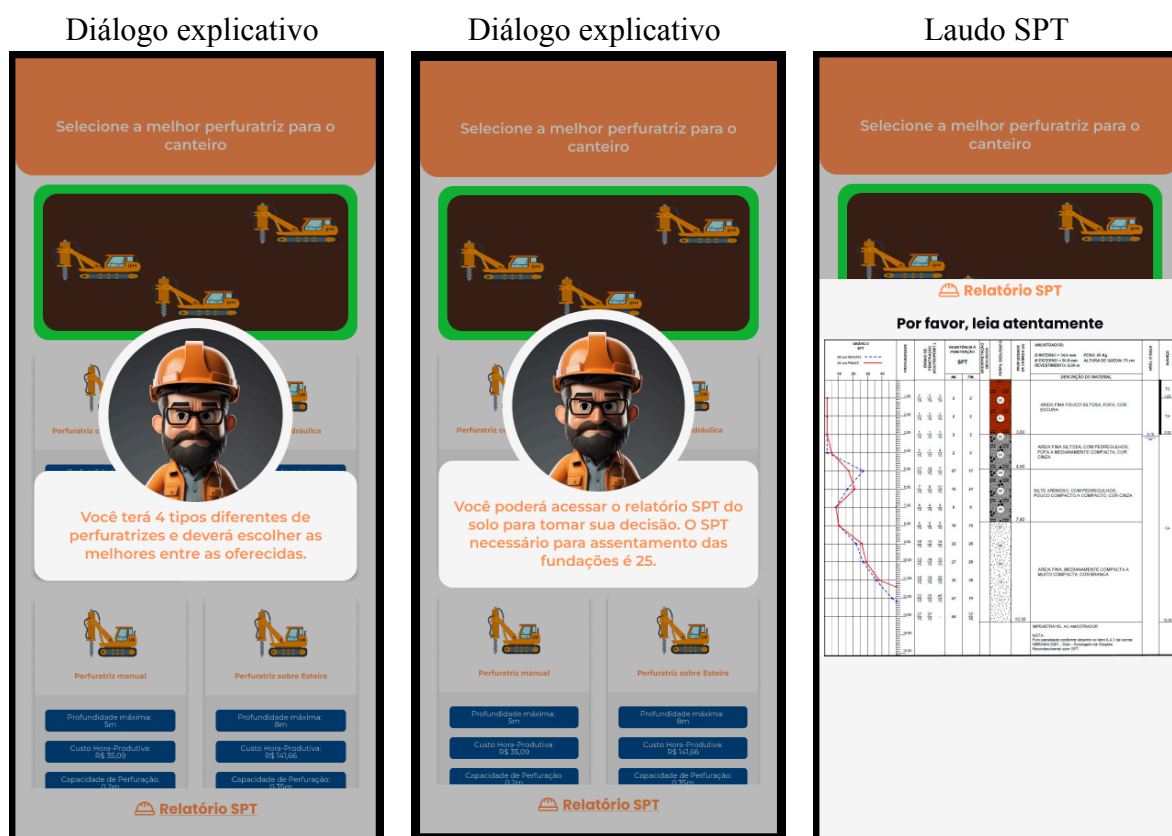
Item	Características	Profundidade máxima	Custo em hora produtiva	Capacidade perfuração metro por hora	Melhor opção
1	PERFURATRIZ HIDRÁULICA SOBRE CAMINHÃO COM TRADO CURTO ACOPLADO	20 m	R\$ 415,84	1	X
2	PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	32 m	R\$ 1.026,64	1,5	
3	PERFURATRIZ MANUAL	5 m	R\$ 35,09	0,2	
4	PERFURATRIZ SOBRE ESTEIRA	8 m	R\$ 141,66	0,35	

Fonte: do autor

Para subsidiar a tomada de decisão, o personagem que apresenta as orientações do jogo já menciona o SPT do terreno no diálogo inicial. Além disso, o laudo é apresentado como um anexo, podendo ser acessado no menu inferior “Relatório SPT”, conforme mostrado na figura 17. Assim, o jogador poderá interagir e interpretar um documento técnico de suma importância para a construção e para formação profissional.

Ao final, o jogador deve compreender as diferentes aplicações dos equipamentos em relação às suas especificações técnicas, considerando a capacidade de suporte do terreno e de perfuração do equipamento, e a análise do custo-benefício de cada método disponível. Sendo a melhor opção definida pelo menor tempo de perfuração em relação ao custo, para o equipamento que melhor se adequa e atende à profundidade requerida pelo laudo SPT.

Figura 17 - Etapa 3 - Explicação e laudo SPT



Fonte: do autor

Etapa 4 - Base, alvenaria, laje e telhado (Denominada BALT): O usuário terá que desenvolver 5 microetapas, nas quais ele deve ordenar corretamente a sequência de atividades para que sejam executadas a base, a estrutura, a alvenaria, a laje e o telhado da residência, conforme mostrado no quadro 12 abaixo. A tarefa visa desenvolver no estudante o entendimento do princípio de aumento da transparência do processo, o foco no controle global do processo, a simplificação das atividades por meio da redução do número de etapas, a redução da variabilidade e o planejamento das atividades. Por meio da análise e o mapeamento de todos os processos que envolvem uma obra é possível realizar a simplificação desses processos por meio da redução das etapas que os compõem.

Portanto, quanto mais etapas houver, mais complexo será o processo e consequentemente há uma tendência de maior custo. Assim, a redução dessas etapas tem como objetivo tornar os processos mais simples e com menor custo. O objetivo desse princípio Lean é identificar todos os processos que podem ser agrupados e reduzidas as atividades que os compõem ao

mínimo necessário para que a atividade aconteça. Já a redução da variabilidade busca, dentro do contexto de construção de uma residência, entregar ao cliente o produto mais uniforme possível, minimizando as possíveis variações que podem ocorrer nas matérias primas utilizadas, pelos profissionais que executam as atividades, na variação do clima, dentre outros. Com a redução da variabilidade tem-se também um maior previsibilidade dos processos, gerando um maior controle sobre o desenvolvimento do projeto.

Quadro 12 - Etapa 4 - Opções de atividades para organização da base, da estrutura, da alvenaria, da laje e do telhado

Organização da sequência das atividades		
BASE	1	Preparação do terreno
	2	Marcação
	3	Escavação para fundação
	4	Instalação de formas
	5	Armaduras
	6	Concretagem
	7	Nivelamento
	8	Cura
	9	Impermeabilização
ESTRUTURA	1	Armaduras
	2	Espaçadores
	3	Formas
	4	Concretagem
	5	Cura
ALVENARIA	1	Marcação
	2	Assentamento blocos
	3	Conferência do nível e prumo
	4	Vergas e contravergas

	5	Encunhamento
	6	Chapisco
	7	Emboço
	8	Reboco
LAJE	1	Vigas
	2	Lajotas/EPS
	3	Escoras
	4	Armação
	5	Concretagem
	6	Cura
TELHADO	1	Vigas e tesouras
	2	Cobertura de telhas
	3	Rufos e calhas
	4	Mantas impermeabilizantes

Fonte: do autor

A dinâmica de funcionamento se dá por meio de cards interativos, nos quais o usuário clica na tela até obter a opção desejada, possuindo cada etapa um número já pré-definido de atividades, conforme mostrado no quadro acima. Visando auxiliar no entendimento da tarefa, nos diálogos iniciais são apresentadas, no início de cada atividade a ser ordenada (base, estrutura, alvenaria, laje e telhado), as sub-atividades que compõem os trabalhos, de acordo com a figura 18. Assim, é possível que o usuário tenha uma noção prévia das opções disponíveis e proceda à correta ordenação das atividades da maneira com que aparecem aleatoriamente nos cards.

Figura 18 - Etapa 4 - Explicação e resultado da etapa



Fonte: do autor

Espera-se ao concluir a etapa, que o jogador compreenda que para toda e qualquer atividade é necessário um planejamento e uma ordem de execução, sendo a ordem de suma importância para a correta execução de um projeto.

Etapa 5 - Preparação, pintura e acabamento (Denominada PPA): Sendo a última etapa do jogo e possuindo um nível maior de complexidade, esta tarefa visa desenvolver no estudante o entendimento da importância e dos conceitos de planejamento, de redução de custos e ociosidade, de redução da variabilidade, a manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões e o foco no controle global do processo. Dentro de um processo produtivo, existem dois tipos de atividades: atividades de fluxo e atividades de conversão.

Atividades de fluxo são aquelas que não alteram, necessariamente, o produto ou serviço em si. Elas incluem operações de suporte, como a preparação e entrega de materiais, que facilitam a continuidade do processo produtivo. Já as atividades de conversão são aquelas que

efetivamente modificam o produto ou serviço. Elas envolvem a transformação direta dos materiais, como a aplicação de uma camada de tinta ou a montagem de componentes.

Nos projetos de melhoria, é essencial buscar aprimorar ambos os tipos de atividades, compreendendo que elas estão estreitamente interligadas. Uma mudança em uma atividade de conversão naturalmente impacta as atividades de fluxo. Por exemplo, ao mudar o sistema de aplicação de tinta de rolo para uma máquina airless (atividade de conversão), haverá impactos na preparação da tinta, na sua entrega ao pintor e na demanda por tinta (atividades de fluxo).

É crucial encontrar um equilíbrio nas melhorias, pois, ao melhorar um tipo de atividade, as deficiências e necessidades do outro tipo tornam-se mais evidentes. Portanto, o processo de aprimoramento deve ser contínuo e integrado, garantindo que ambas as atividades sejam otimizadas de forma harmoniosa.

A dinâmica de desenvolvimento se desenrola no planejamento das atividades de preparação, pintura e acabamento (PPA) da construção desenvolvida ao longo do jogo. Para isso, é apresentado ao usuário um cronograma desordenado com as atividades de PPA de uma casa com 1 quarto, um banheiro e uma sala, sendo disponibilizadas apenas uma equipe para cada atividade, impossibilitando assim a alocação simultânea da mesma atividade em cômodos diferentes. A partir desse contexto, o jogador deve alterar a alocação de mão de obra, com base nos prazos previstos para execução da atividade, proporcionalmente ao tamanho do cômodo, conforme figura 19.

Ao final da tarefa é apresentado o cronograma corretamente ordenado com menor tempo de execução e de ociosidade dos profissionais, otimizando os trabalhos, aproveitando melhor a mão de obra disponível, sendo o entendimento esperado do jogador.

Figura 19 - Etapa 5 - Explicação e resultado final



Fonte: do autor

4.2.4.4. Resumo das etapas

Ao final da estruturação do jogo foi gerado, conforme mostrado no quadro 12, um comparativo com as etapas que o constitui e os conteúdos do *Lean Construction* trabalhados em cada uma delas. Nota-se que o “*Work in Lean*” não aborda todos os 11 princípios da filosofia *Lean*, pois necessitaria de mais etapas para detalhamento dos conteúdos para melhor compreensão pelos estudantes. A aplicação dos princípios do *Lean Construction* escolhidos para cada etapa, bem como o embasamento para sua resposta correta, está justificado também no quadro 13.

Quadro 13 - Resumo comparativo das etapas do Work in Lean

Etapa	Tarefa	Resposta	Conceitos Lean trabalhados	Justificativa
Etapa 1 - Aterro	Selecionar a melhor composição de equipamentos para transporte, extração e compactação do solo;	Opções ideais foram definidas em razão da produtividade e eficiência do equipamento em relação ao seu custo.	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição do tempo de ciclo; - Redução da parcela de atividades que não agregam valor no produto final; - Redução de custos e prazos; 	A opção com menor tempo e custo reduz o tempo de ciclo e os custos operacionais, permitindo entregar o produto final mais rápido e com menor custo, alinhando-se com o princípio lean de otimização de recursos.
Etapa 2 - Canteiro de obras	Locação das instalações para o canteiro de obras;	Há mais de uma. O jogador deve compreender que a locação influencia no custo de transporte, no número de desperdícios, nos prazos e na segurança das instalações e dos profissionais.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da transparência; - Introdução da melhoria; - Eliminação de custos de transporte e de armazenamento; - Redução de tempos de ciclo dos processos e de perdas; - Foco no controle total do processo. 	Compreender o impacto da locação no custo de transporte e outros fatores permite tomar decisões informadas que reduzem desperdícios e melhoram a eficiência geral, seguindo o princípio lean de melhoria contínua.
Etapa 3 - Fundação	Selecionar a melhor opção de equipamento para perfuração do solo, baseado na produtividade e no laudo de sondagem do terreno;	A melhor opção foi definida em relação ao menor tempo e ao menor custo, para o equipamento que atende à profundidade requerida pelo laudo SPT.	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição dos tempos de ciclo; - Introdução do processo de melhoria contínua na construção; - Foco no controle global do processo; 	A escolha do equipamento com base no tempo e custo menores, está alinhada com o princípio <i>lean</i> de reduzir desperdícios e aumentar a eficiência. Isso assegura que os recursos sejam utilizados da maneira mais eficaz possível, otimizando tanto os custos quanto os prazos.

Etapa	Tarefa	Resposta	Conceitos Lean trabalhados	Justificativa
Etapa 4 - Base, estrutura, alvenaria, laje e telhado	Trata de 5 microetapas, nas quais o jogador deve ordenar corretamente as atividades para a execução da base, da estrutura, da alvenaria, da laje e do telhado.	Atividades ordenadas corretamente, segundo as boas práticas de construção.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da transparência; - Foco no controle global do processo; - Simplificação - redução de etapas; - Redução da variabilidade; - Planejamento das atividades; 	O <i>Lean Construction</i> enfatiza a importância de processos bem definidos e ordenados para eliminar desperdícios e aumentar a eficiência. Seguir as boas práticas de construção garante que as atividades sejam realizadas de maneira sistemática e eficiente, reduzindo retrabalhos e melhorando a qualidade do projeto.
Etapa 5 - Preparação, pintura e acabamento	Organização de cronograma para planejamento das atividades de preparação, pintura e acabamento (PPA) da construção, a partir de um cronograma inicialmente proposto de forma desordenada e ineficiente;	Cronograma ordenado e com menor prazo possível.	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento; - Redução de custos e ociosidade; - Redução da variabilidade, - Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; - Foco no controle global do processo 	Um cronograma bem ordenado e otimizado para o menor prazo possível reflete o princípio <i>lean</i> de reduzir o tempo de ciclo e melhorar o fluxo de trabalho. Isso ajuda a minimizar atrasos e garantir que o projeto seja concluído no menor tempo necessário, aumentando a eficiência e a satisfação do cliente.

Fonte: do autor

4.2.4.5. Metodologia de pontuação

A pontuação tem como objetivo trazer um senso de realização para o jogador, quando positiva, e de perda, quando negativa, de acordo com o framework de *Octalysis*, detalhado no apêndice II. Assim, a composição positiva da pontuação está relacionada ao Core Drive 2 do framework, chamado "Desenvolvimento & Realização". Este Core Drive exerce a motivação no usuário ao evidenciar que suas atividades corretamente desenvolvidas o levam a progredir. O fator que impulsiona o jogador é a sensação obtida em relação ao seu crescimento e avanço.

Nesse contexto, à medida que os usuários enfrentam desafios e atingem metas, fortalecem sua confiança nas próprias habilidades de aprendizado, o que pode impulsionar sua motivação interna e promover uma mentalidade de desenvolvimento. Esse impulso central é de grande importância, já que está ligado a uma aprendizagem mais consistente, concedendo maior independência aos usuários e aumentando a satisfação e o prazer ao longo do processo de aprendizagem.

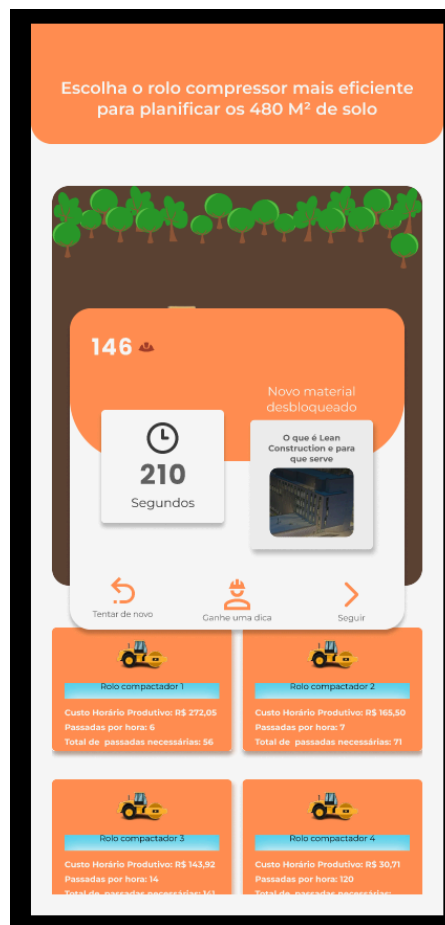
A parcela negativa da pontuação, ou seja, as perdas, são calculadas a partir do Core Drive 8, também conhecido como "Escassez & Impaciência", detalhado no apêndice II. Esse Drive envolve as ações do usuário impulsionado pelo receio de perder algo já alcançado, levando-o a empreender todos os esforços necessários para evitar essa perda. Explorar esse Drive central é crucial no contexto da gamificação, uma vez que simplesmente conquistar pode se tornar monótono para o jogador; portanto, é vital que haja o temor de perder o que foi conquistado para manter a motivação em direção ao objetivo final.

Além disso, o sentimento de perda é um fator determinante no momento de tomada de decisão, pois, a partir disso, o usuário irá ponderar cuidadosamente em suas escolhas para evitar qualquer perda. Nesse sentido, esse Core desenvolve também as habilidades de pensamento crítico e de planejamento, pois o usuário passa a perceber que a tomada de decisão implica direta ou indiretamente em ações futuras.

Assim, para o cálculo da pontuação obtida ao final da etapa foi pensada a junção do aproveitamento positivo da etapa/fase (acerto) com o tempo gasto para o seu desenvolvimento, sendo possível a mensuração do desempenho do jogador não apenas por um parâmetro. Conforme mostrado na figura 19, ao final da etapa é apresentado o quadro resumo

contendo o tempo gasto e a pontuação adquirida. Como o protótipo não guarda informações, por não se tratar do desenvolvimento completo do produto, a representação da pontuação na figura 20 trata-se de uma imagem fixa, cabendo o cálculo da pontuação, quando do desenvolvimento completo do game, por meio de algoritmos com base no tempo de desenvolvimento da tarefa e das escolhas mais acertadas, em relação aos princípios do Lean.

Figura 20 - Resultado final da etapa: tempo gasto e pontuação



Fonte: do autor

4.2.4.6. Metodologia de feedback

A comunicação eficiente é um processo fundamental para o sucesso das atividades que envolvem diversos atores, assegurando o acesso e o amplo entendimento das informações por todos. Em corroboração com os princípios do Lean, a adoção de feedback imediatos tem efeito positivo para a qualidade e disponibilidade das informações em uma obra, no tempo em

que essas são necessárias. Visando atingir esse fundamento tão importante, foram pensadas diversas metodologias para garantir a comunicação eficaz com o usuário do Work in Lean, sendo elas:

Comunicação - o aplicativo utiliza um mediador para apresentar todo conteúdo das etapas, sendo estas autoexplicativas. Esse mediador também pode ser acionado durante a execução das tarefas para sanar as possíveis dúvidas ou rever os comandos da etapa, utilizando-se o botão “Fale com o empreiteiro”. Por meio de textos pré-definidos são apresentadas as orientações quanto aos contextos em que os jogadores serão inseridos, quais são os objetivos a serem atingidos e os passos necessários para alcançá-los. Conforme apresentado na figura 21, o diálogo do interlocutor com o usuário é automaticamente acionado ao iniciar a etapa, sendo apresentadas as informações necessárias para o início, a continuidade e a conclusão do jogo. Além disso, o usuário pode retornar ao início da etapa por meio do botão “Tentar Novamente”, apresentado ao final da etapa, para rever as orientações repassadas.

Figura 21 - Resultado final da etapa: tempo gasto e pontuação



Fonte: do autor

Feedback imediato - uma das principais metodologias utilizadas em todas as fases do jogo para proporcionar o entendimento dos conteúdos e das informações repassadas ao jogador, por meio das tarefas, é a utilização de respostas imediatamente ao final da etapa após a realização das escolhas. Essa metodologia de resposta rápida, mostrada na figura 22, assegura ao usuário o imediato conhecimento quanto à assertividade ou não de suas escolhas, sendo uma das principais metodologias de eficiência no processo de ensino-aprendizagem utilizando jogos, conforme registrado na revisão da literatura. Visando alcançar os objetivos de ensino, essa metodologia garante que possa ser construído o entendimento imediato acerca do assunto trabalhado, buscando que o erro não se propague em etapas subsequentes, que aconteceria caso o feedback fosse dado somente ao final de todo jogo.

Figura 22 - Feedback imediato

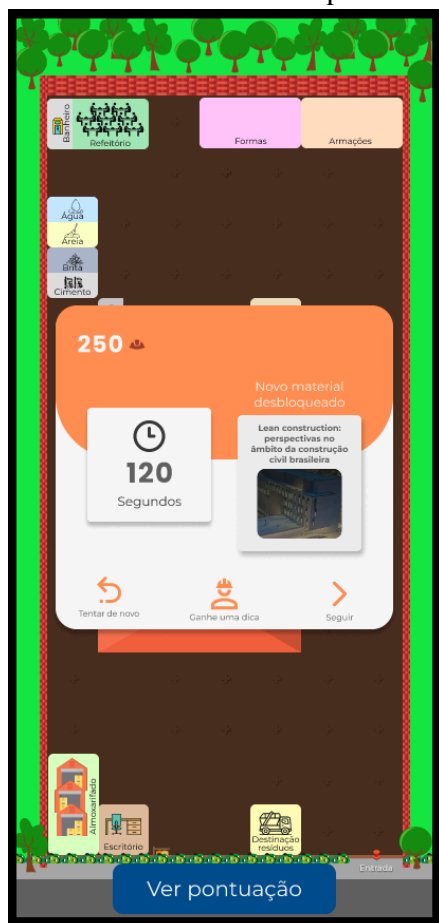


Fonte: do autor

Recursos adicionais de ensino (recompensas) - Amplamente utilizado na inteligência artificial, o aprendizado por reforço pode ser uma metodologia valiosa também para o ensino em sala de aula. Nesse sentido, o jogo incorpora esse conceito ao oferecer uma recompensa aos usuários ao final de cada etapa, mediante um bônus, caso o jogador acerte a resposta correta. Essa abordagem proporciona um feedback positivo ao jogador, incentivando-o ainda mais. Conforme ilustrado na figura 23, ao concluir com sucesso a etapa, o jogador tem acesso a conteúdo exclusivo sobre o tema, como artigos, vídeos e explicações relacionadas ao conteúdo abordado. Esses materiais desbloqueados ficam disponíveis no perfil do aluno, acessíveis por meio do botão "Recursos", conforme demonstrado na figura 23, permitindo que o usuário revise o conteúdo a qualquer momento.

Figura 23 - Recursos adicionais - materiais desbloqueáveis

Novo material desbloqueado



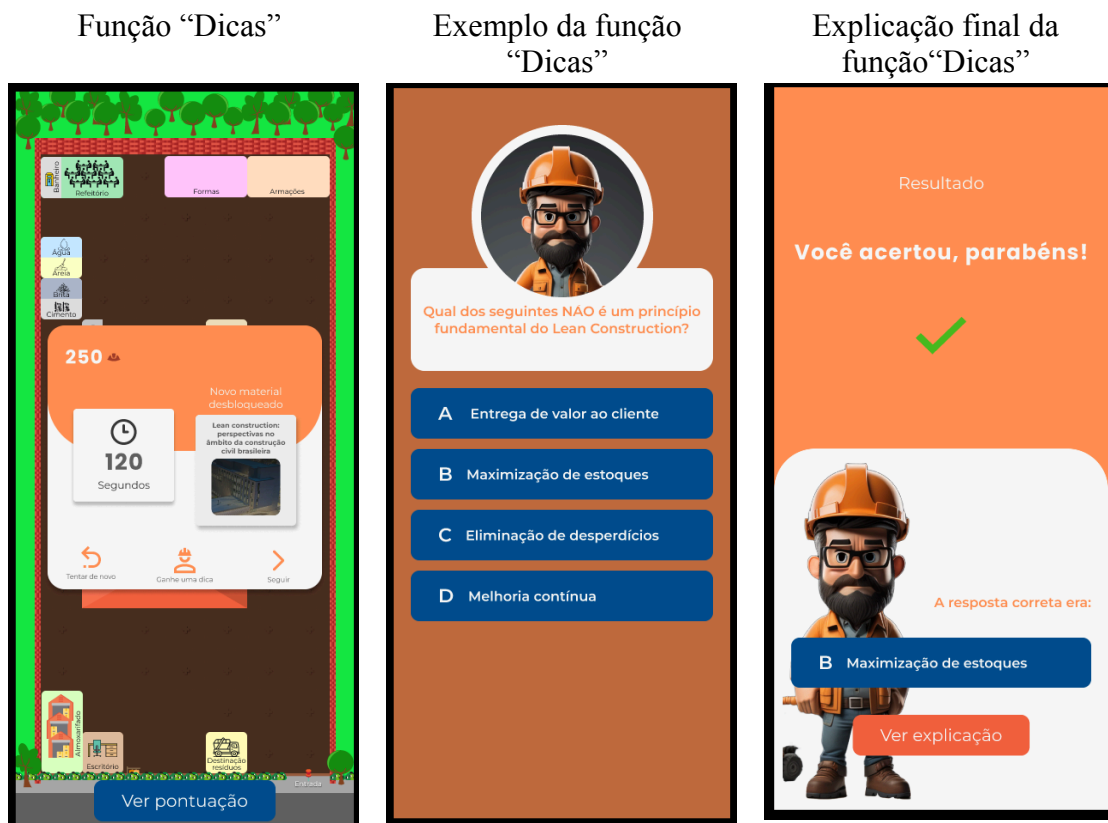
Recursos - todos materiais desbloqueados



Fonte: do autor

Dicas - Outra forma de aplicação desses reforços de aprendizagem é a função de dicas. Essa função, que aparece também ao final de cada etapa no quadro de resumo, conforme botão indicado na figura 24, possibilita ao jogador responder uma pergunta sobre o *Lean Construction*, e o seu aproveitamento garante uma dica para a etapa subsequente. Além disso, dentro dessa função dica está presente a metodologia do feedback imediato, apresentada acima. Desse modo, o usuário além de conseguir uma dica para auxiliar e/ou facilitar a próxima etapa, consegue também aumentar o seu conhecimento e/ou sanar alguma dúvida sobre o Lean.

Figura 24 - Função “Dicas”

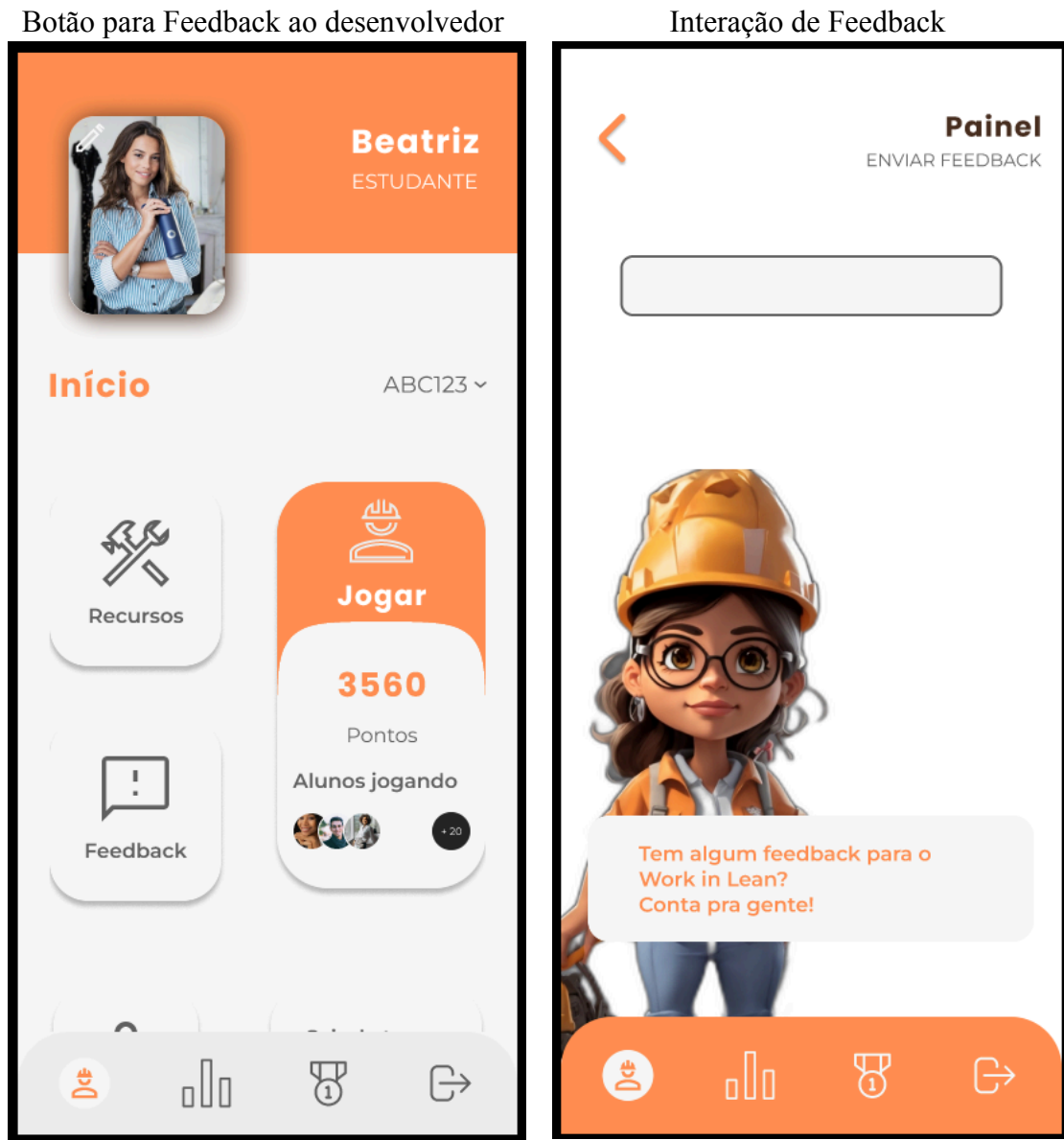


Fonte: do autor

Coleta de informações - Finalizando as metodologias de feedback, também pode ser mencionada a possibilidade coleta de informações para retroalimentação do game. Para isso, foi pensada, durante o desenvolvimento do *serious game*, uma forma na qual o jogador repassa o seu feedback ao desenvolvedor, não sendo um campo aberto a todas as fases, o que tornaria o painel final muito sobrecarregado de informações. Então, por meio do painel

“Feedback” no menu principal, conforme apresentado na imagem 25, é possível que o usuário registre sua opinião acerca do jogo, garantido que possíveis incorreções do aplicativo, erros de desenvolvimento, dificuldades de interpretação de textos e metodologias utilizadas sejam sanadas e melhoradas no protótipo.

Figura 25 - Feedback ao desenvolvedor



Fonte: do autor

4.2.4.7. Coleta de informações - tempo de uso/conhecimentos adquiridos

Para promover a coleta de informações do jogador durante as etapas, o desenvolvimento completo do aplicativo buscará registrar diversas informações que serão trabalhadas como métricas de uso do jogo. Dentre elas, o tempo gasto para desenvolvimento da fase e o tempo total gasto no jogo, o desempenho em pontos, por etapa e total, o aproveitamento percentual da etapa, o número de tentativas por etapa e também qual etapa o usuário deixou a aplicação, caso aconteça. Os links estão disponíveis no protótipo, mas não possuem responsividade, por não se tratar do desenvolvimento completo da aplicação, com o armazenamento das informações.

Também é avaliado o acerto ou não das perguntas disponíveis por meio da função de dicas, o que implica na disponibilização ou não de conteúdo para auxiliar na execução da etapa seguinte. Conforme mostrado na figura 26, é possível que o jogador acompanhe o seu desenvolvimento e aproveitamento por meio dos gráficos de evolução nas etapas, do tempo total de jogo, dos pontos obtidos e do tempo gasto por etapa, além do seu desempenho, comparado aos demais jogadores.

Figura 26 - Relatório para acompanhamento do desenvolvimento e aproveitamento

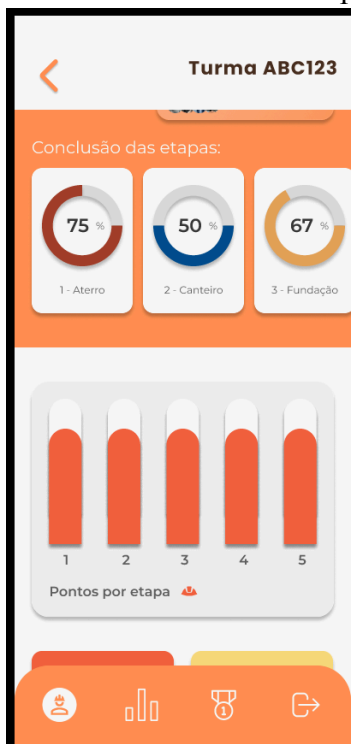
Botão para consulta de desempenho



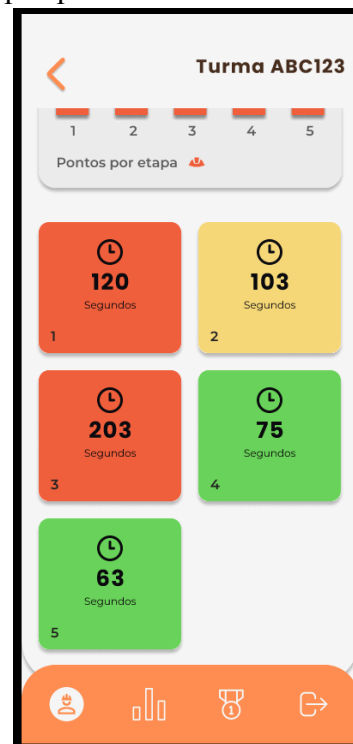
Gráficos de acompanhamento



Pontos obtidos em cada etapa



Tempos para conclusão de cada etapa

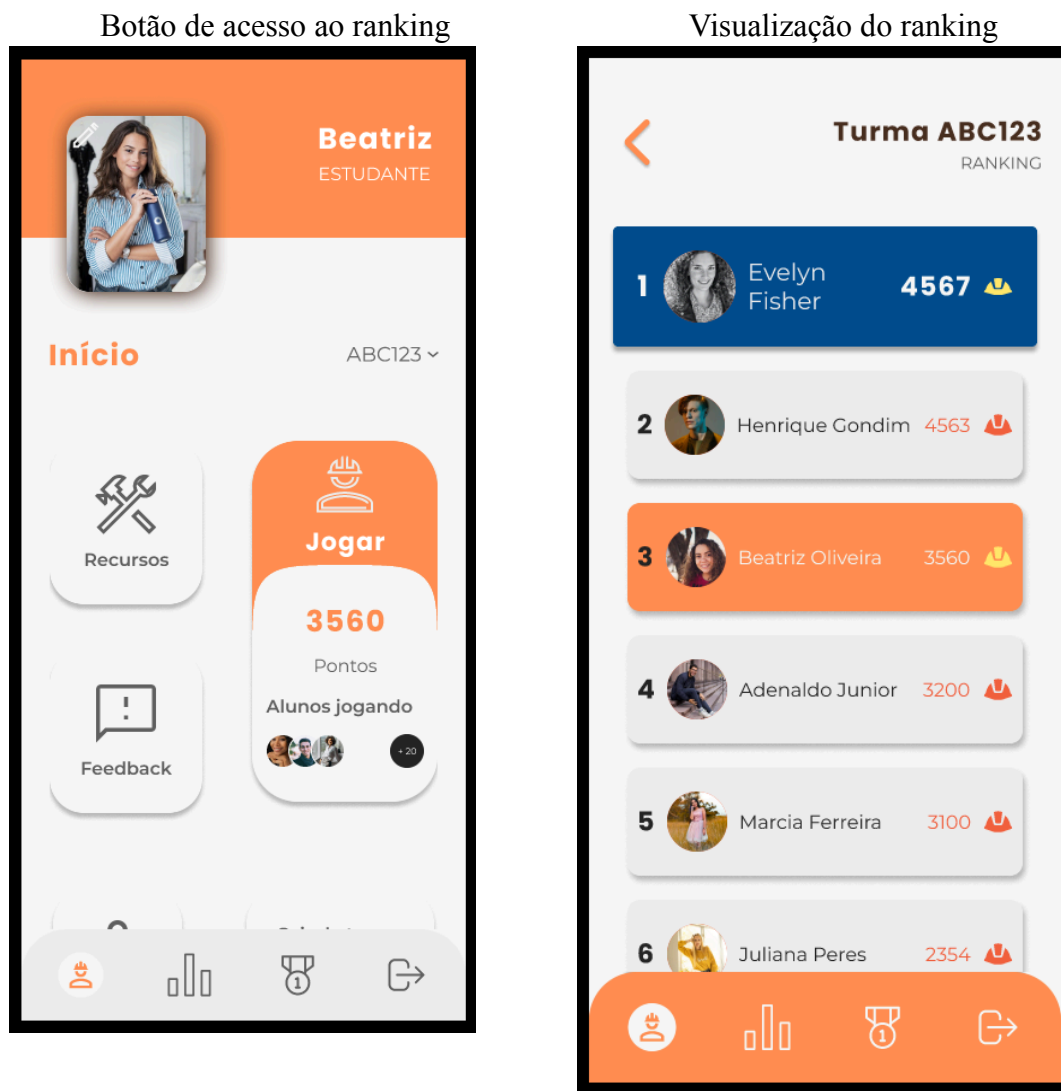


Fonte: do autor

4.2.4.8. Mecânica de Leaderboard - ranking

Outra metodologia utilizada para estimular a participação dos jogadores é a utilização de ranking entre os participantes, escalonando-os em ordem decrescente na ordem do seu aproveitamento, conforme mostrado na figura 27. Essa funcionalidade pode ser acessada no menu inicial, permitindo o acompanhamento e a evolução obtida durante o jogo.

Figura 27 - Ranking



Fonte: do autor

Por meio dessa ferramenta os usuários podem comparar o seu desempenho com o de outros jogadores e buscar a melhoria da sua pontuação. Essa métrica está relacionada ao perfil de jogador denominado *player*, que visa alcançar destaque na sua jornada, fazendo sempre o

possível para ganhar algo do sistema, registrar conquistas e de ter seus nomes no quadro de liderança, conforme detalhado Plano Geral de Gamificação, apêndice II.

4.3. Apresentação e análise dos resultados

4.3.1. Validação do artefato

Para validação do artefato educacional desenvolvido, foi planejada a sua aplicação em universidades públicas e particulares visando obter uma amostra mais heterogênea possível de participantes, podendo então buscar interrelações entre os dados obtidos de diferentes perfis de jogadores. Inicialmente foi estimado um prazo de duas horas para apresentação do jogo, aplicação, preenchimento do formulário de avaliação e discussão com o docente da disciplina em que o jogo foi aplicado e os participantes sobre as facilidades e dificuldades, bem como as possibilidades de melhoria. O formulário de avaliação foi elaborado pelo autor da pesquisa e consta detalhado como o Apêndice I do presente trabalho.

Para isso, conforme listado no quadro 14, foram consultadas as seguintes universidades, quanto à possibilidade de aplicação do protótipo Work in Lean:

Quadro 14 - Instituições consultadas

Nome	Tipo de instituição	Forma de consulta	Resposta
Universidade de Brasília (UnB)	Pública	Whatsapp	A professora da disciplina de Planejamento e Controle de Construções autorizou a aplicação da atividade na turma, no dia 08/04/2024, das 08 às 10h na sala de metodologia ativa da ULEG/UnB.
Instituto Federal de Brasília (IFB)	Pública	E-mail	Não houve resposta.
Centro Universitário Planalto do Distrito Federal (Uniplam)	Privada	E-mail	Não houve resposta.
Centro Universitário e	Privada	E-mail	Não houve resposta.

Faculdade Projeção (Uniprojeção)			
Centro Universitário IESB	Privada	E-mail	A Coordenadora do curso manifestou interesse pela pesquisa, e encaminhou o projeto e a apresentação do jogo aos professores que estavam desenvolvendo atividades relacionadas ao BIM. No entanto, os professores não se manifestaram sobre a possibilidade de aplicação do jogo em suas disciplinas.
Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)	Privada	E-mail e Whatsapp	O Coordenador do curso manifestou interesse pela pesquisa, no entanto, informou que as grades de aula estavam extremamente justas, não sendo possível a liberação de carga horária dos alunos para participação ativa no game.

Fonte: dos autores

4.3.2. Resultados Encontrados

4.3.2.1. Aplicação e Amostra

A aplicação do game foi realizada na turma de Planejamento e Controle de Construções da Universidade de Brasília, no dia 08 de abril de 2024, no período de 08 às 10h, sob supervisão da professora Dra. Michele Tereza Marques Carvalho. A turma era composta por 25 alunos, estando 20 presentes no momento da aplicação do jogo. A duração estimada para toda atividade era de 2 horas, sendo ao final gastos 1 hora e 20 minutos, abrangendo o tempo de apresentação à turma, de participação ativa no jogo, de preenchimento do formulário de reação/validação e, ao final, de discussão da turma. Os participantes utilizaram smartphones, tablets e notebooks, todos conectados à internet, para acessar o jogo e realizar as validações no questionário on-line.

Como o protótipo não possui capacidade de registrar as informações, estas foram coletadas durante a aplicação do jogo, por meio do registro de observações e dúvidas levantadas pelos alunos, pelo formulário de reação e pela discussão ao final das atividades. Assim, o menor tempo para exploração e desenvolvimento do protótipo foi 35 minutos e o maior tempo foi 58 minutos. Os alunos sentaram-se aos pares, podendo haver o livre diálogo entre estes. Além disso, as dúvidas das funcionalidades disponíveis, bem como as falhas do sistema Figma ou do protótipo, que impediam o avanço dos alunos, eram explicadas, garantindo-se a menor interferência possível no desenvolvimento da atividade, possibilitando apenas a continuidade do jogo.

Durante a aplicação foram registrados 2 tipos de problemas no sistema. Os alunos informaram a ausência de responsividade do protótipo, quando acessado por meio do notebook, em que não apareciam os botões para seguir adiante nas tarefas ou o botão “fale com o empreiteiro”. Além disso, também aconteceram casos em que o aplicativo parou de responder, sendo necessário iniciar o protótipo novamente, retornando na fase em que o sistema parou de funcionar.

Também foram registrados 3 casos em que os alunos não sabiam como interagir com o sistema para selecionar as opções corretas, como nas etapas 2, 4 e 5, respectivamente, de organização do canteiro de obras, da organização da BALT (base, estrutura, alvenaria, laje e telhado) e do planejamento da PPA (preparação, pintura e acabamento). As três situações tratam-se de casos em que as opções são atividades funcionam por meio do click nos cards e essa funcionalidade era explicada no início da tarefa. Desse modo, é possível inferir que a dificuldade de continuidade pode ter sido causada pela ausência de leitura ou de compreensão das informações iniciais, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento da tarefa.

Ao término da atividade, foi conduzida uma discussão com os alunos, em conjunto com a Professora Michele Tereza, responsável pela disciplina e que acompanhou a aplicação do jogo. Essa discussão teve duração aproximada de 10 minutos e teve como objetivo coletar feedbacks adicionais dos alunos, que possivelmente não tinham sido fornecidos no formulário de avaliação. Reconhecendo que alguns aspectos podem não ter sido abordados nos formulários de avaliação, essa discussão foi uma oportunidade valiosa para os alunos expressarem suas opiniões, compartilharem suas experiências e fornecer insights adicionais sobre a experiência com o jogo. Este diálogo direto e informal também permitiu à professora

e ao responsável pelo desenvolvimento do jogo obterem uma compreensão mais abrangente das percepções dos alunos, contribuindo assim para a melhoria contínua do jogo e do processo de ensino-aprendizagem como um todo.

4.3.2.2. Principais resultados

Por meio do formulário de reação e validação, conforme modelo no apêndice I, foram coletadas informações para conhecimento das preferências e observações do público que participou da pesquisa. O formulário foi disponibilizado por meio da ferramenta Forms, de preenchimento na forma anônima, composto por 10 (dez) perguntas de resposta obrigatória. Destas, 8 (oito) perguntas fechadas, sendo 5 (cinco) utilizando-se da escala likert para resposta, esta variando de 1 (um) a 5 (cinco), sendo 1 (um) com menor nível de entendimento/concordância e 5 (cinco) o maior nível de entendimento/concordância com a questão. Outras 3 perguntas possuíam alternativas para escolha a depender da pergunta. E, além destas, foram disponibilizadas outras 2 (duas) perguntas abertas, nas quais os usuários deveriam avaliar e descrever (i) se os objetivos educacionais que o jogo se propunha foram atingidos e quais os motivos o levou a esse entendimento, e (ii) quais são as sugestões de melhoria, os desafios encontrados e os comentários sobre a impressão do jogo Work in Lean.

Ao todo, 14 participantes responderam o questionário, com um tempo médio de 8:06 min (8 minutos e 6 segundos) para concluí-lo. Esse conjunto de respostas proporcionou uma avaliação abrangente sobre diversos aspectos do jogo, incluindo os sentimentos predominantes dos usuários, a usabilidade da interface, as funcionalidades do aplicativo e a clareza dos objetivos de cada etapa. Além disso, os participantes destacaram áreas que necessitam de melhorias, as quais serão detalhadas a seguir.

O grupo avaliado em sua grande maioria, 93%, possuía idade entre 18 e 25 anos, sendo todos participantes estudantes de universidade pública e cursando engenharia civil. O questionário está subdividido em 3 blocos de perguntas, conforme apêndice I, com base na escala likert, sendo o primeiro tratando de Perguntas sobre o Lean Construction, o segundo sobre a utilização da gamificação para o ensino e o terceiro sobre perguntas relacionadas ao protótipo Work in Lean, sua interface e navegação. Além destas questões, são apresentadas outras duas perguntas, também com a escala likert, sobre a necessidade de um mediador para aplicação do protótipo e sobre a possibilidade do jogador recomendar o jogo. Por fim, são apresentadas

uma pergunta (i) quanto à obtenção do resultado de aprendizado do jogo e os comentários que embasaram a sua resposta e um campo para que o aluno pudesse registrar suas sugestões de melhoria, os desafios encontrados e os comentários sobre a impressão do jogo Work in Lean.

No primeiro bloco de perguntas, conforme quadro 15, objetiva-se conhecer o entendimento dos participantes quanto à filosofia do *Lean Construction*, antes e depois da participação no jogo, bem como avaliar o contexto em que este se desenvolve. Foram realizadas 6 perguntas avaliadas por meio da escala likert, sendo a nota 1 (um) representa muito RUIM e a nota 5 (cinco) representa muito BOM.

Quadro 15 - Bloco 1 de perguntas

Bloco 1 - Perguntas sobre o Lean						
Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa muito RUIM e 5 representa muito BOM.						
Sequência	Pergunta	1	2	3	4	5
1	Qual o seu nível de conhecimento sobre o <i>Lean Construcion</i> ANTES do Jogo?					
2	Qual o seu nível de conhecimento sobre o <i>Lean Construcion</i> APÓS do Jogo?					
3	Quão claro foi o enredo do jogo, que envolve a construção de uma casa?					
4	No seu entendimento, o jogo refletiu as práticas do <i>Lean Construction</i> de que forma?					
5	Você avalia que o protótipo, guardados os ajustes necessários, pode atender aos objetivos propostos de que forma?					
6	Quão atrativo você considera o jogo – <i>Work in Lean</i> - para o ensino de <i>Lean Construction</i> ?					

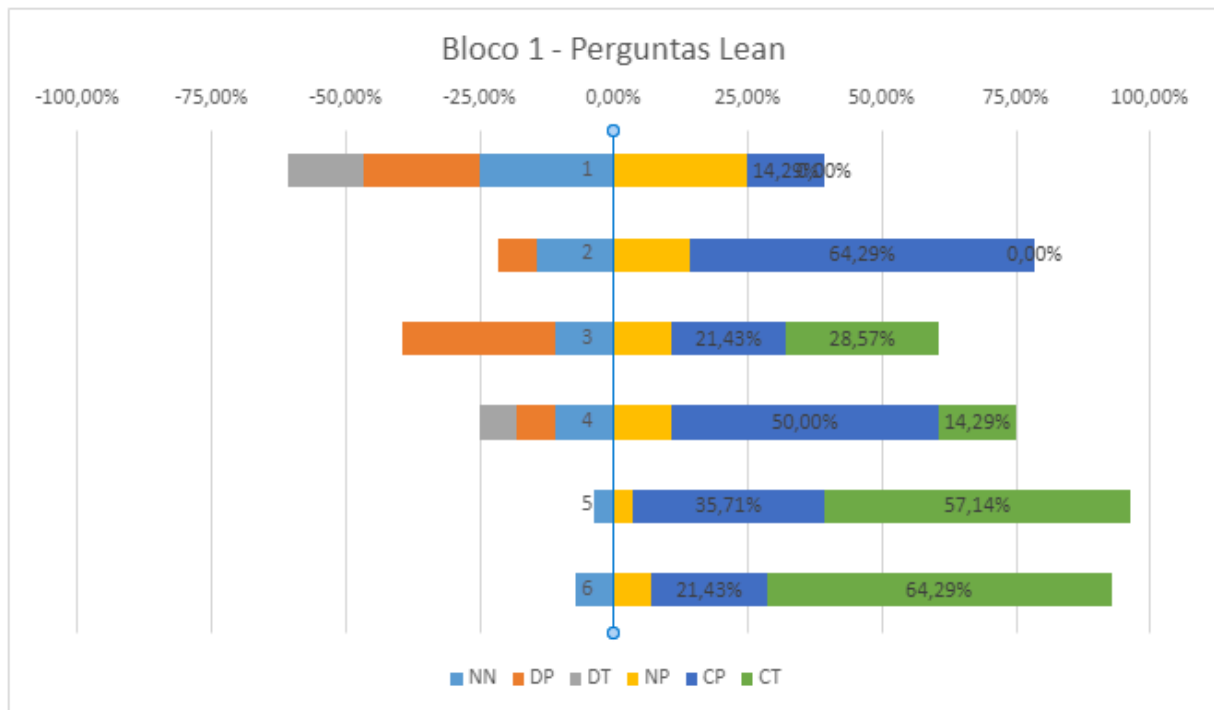
Fonte: do autor

Para interpretação dos gráficos da escala likert é preciso saber que todas as questões estão plotadas em um único gráfico, na mesma ordem que se apresentam no quadro 15, a partir do topo do gráfico. Assim, a região central, de onde partem as barras, representa a parcela de usuários que se mostram indiferentes e/ou neutros à questão analisada (neutro negativo - NN e

neutro positivo - NP). Nas pontas estão as opiniões favoráveis/de acordo (concordo parcialmente - CP e Concordo totalmente - CT), no lado direito, e as desfavoráveis/contrários à afirmação ou pergunta (discordo parcialmente - DP e discordo totalmente - DT), no lado esquerdo do gráfico.

Assim, a partir das respostas obtidas, conforme representado no gráfico figura 28, é possível observar que inicialmente a maioria dos alunos tinham nenhum ou baixo conhecimento sobre o *lean construction* antes da participação no jogo, representado na barra 1 do gráfico, e após a participação no jogo, representado na barra 2, estes consideraram em sua avaliação que o conhecimento sobre o *lean construction* melhorou significativamente. Quanto a clareza do enredo do jogo, representada na barra 3, a avaliação dos participantes pode ser dividida em 3 grupos, sendo o primeiro de 28,5% considerando como parcialmente compreensível o contexto e 21,5% e 28,5%, respectivamente, considerando o enredo do jogo como compreensível e muito compreensível.

Figura 28 - Gráfico de análise das respostas do bloco 1



Fonte: do autor

Ainda sobre os resultados do gráfico 28, na questão 4 cerca de 50% dos participantes afirmaram que o jogo foi capaz de refletir as práticas da filosofia Lean de forma eficiente e cerca de 14,3% afirmaram que o jogo foi muito eficiente nesse quesito. Na questão 5, mais de 92% dos participantes concordaram que o protótipo, com alguns ajustes, é capaz de alcançar o objetivo para o qual foi desenvolvido. E, por fim, na última questão, mais de 85% dos participantes consideraram o método utilizado pelo protótipo mais atraente para o ensino que o método de ensino tradicional por meio de aulas expositivas.

Desse modo, a partir da análise do gráfico 28, que evidencia a diferença dos percentuais de conhecimento sobre o *Lean Construction*, antes e após a aplicação do jogo, e os percentuais de interesse sobre a ferramenta para o ensino “Work in Lean”, avalia-se que o protótipo auxiliou no processo de ensino e que pode ser eficiente por ter despertado interesse nos usuários. Os resultados encontrados neste primeiro grupo de análise estão de acordo com os trabalhos de Krajčovič et. al. (2021) e Dallasega et. al. (2020), que também avaliaram que a preferência dos jogadores pelo ensino por meio da gamificação e que esta trouxe maior confiança e entendimento dos princípios durante a participação dos estudantes no ensino do *Lean* por meio da utilização de jogos.

No segundo bloco, composto por quatro perguntas, buscou-se avaliar o interesse dos usuários quanto à utilização de técnicas de gamificação para o ensino, especificamente do *Lean Construction*, conforme detalhado no quadro 16.

Quadro 16 - Bloco 2 de perguntas

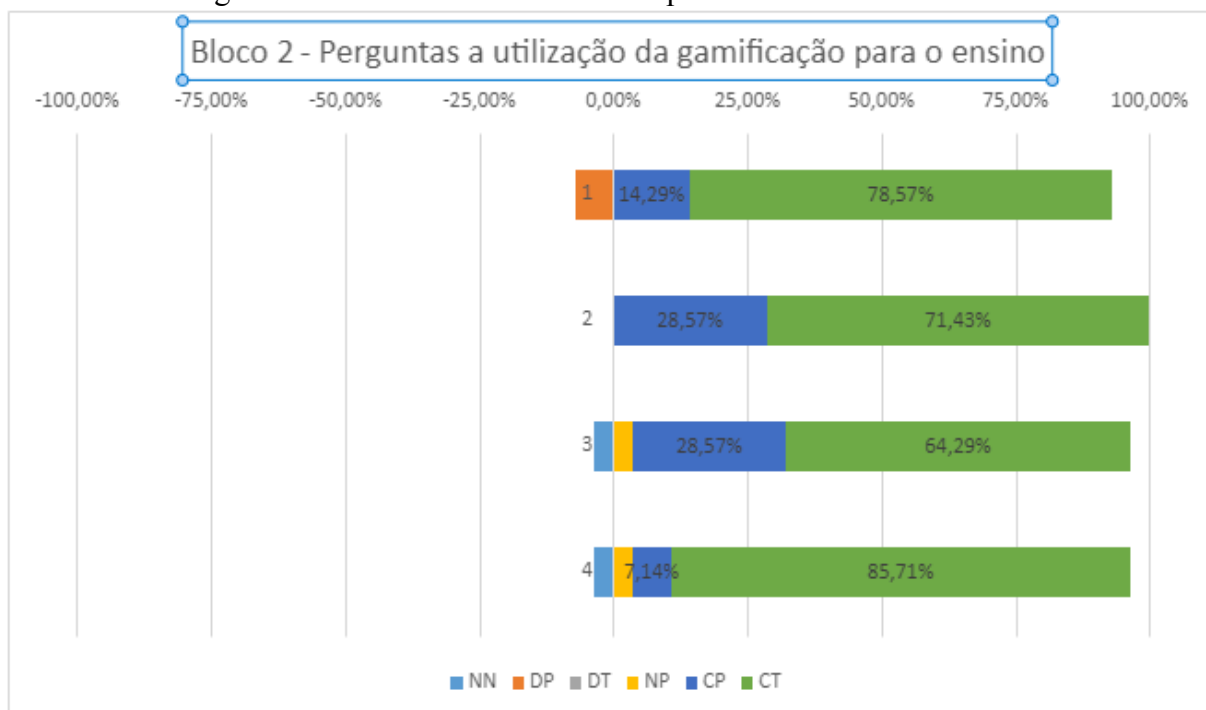
Bloco 2 - Questionário sobre a utilização da gamificação para o ensino						
Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa extremamente INEFICAZ e 5 representa Extremamente EFICAZ.						
Sequência	Pergunta	1	2	3	4	5
1	Você considera atrativo o uso de jogos para ensino do Lean Construction?					
2	Na sua avaliação, os serious games são capazes de associar a teoria com a prática?					
3	Você acredita que a gamificação é uma forma mais eficaz para promover o engajamento entre os alunos,					

	temas e os docentes?					
4	A gamificação foi capaz de tornar o processo de ensino mais atraente?					

Fonte: do autor

Assim, a partir do gráfico 29, que representa os resultados do bloco de perguntas 2, é possível inferir que os alunos são favoráveis à adoção das técnicas de gamificação para o ensino. Do mesmo modo que os resultados de De Oliveira et. al. (2021) e Herrera et. al. (2019), em sua grande maioria, cerca de 92% dos participantes, consideraram que a gamificação é extremamente atraente para o ensino do *Lean Construction* e mais de 70% entendem que os *serious game* são extremamente capazes de associar a teoria com a prática. Além disso, quase 65% dos usuários afirmaram que a gamificação pode ser extremamente eficaz de promover o engajamento entre os alunos, o conteúdo e os docentes, melhorando a interação entre estes dentro da sala de aula. Concluindo o bloco 2, a última pergunta, representada pela barra 4 do gráfico 28, indica, na mesma linha dos resultados de Brauner e Ziefle (2022) e Pütz et. al. (2021), que 85,71% dos participantes reportaram que a gamificação tornou o processo de ensino mais atraente.

Figura 29 - Gráfico de análise das respostas do bloco 2



Fonte: do autor

O terceiro bloco de avaliações, busca analisar o protótipo desenvolvido, quanto a sua interface e as suas funcionalidades. Desse modo, por meio de 6 afirmações os usuários avaliaram, por meio da escala likert, o protótipo do jogo Work in Lean. O intervalo de avaliação varia de 1, que representa que o usuário discorda totalmente da afirmativa, até 5, em que o usuário concorda totalmente, conforme mostrado no quadro 17.

Quadro 17 - Bloco 3 de perguntas

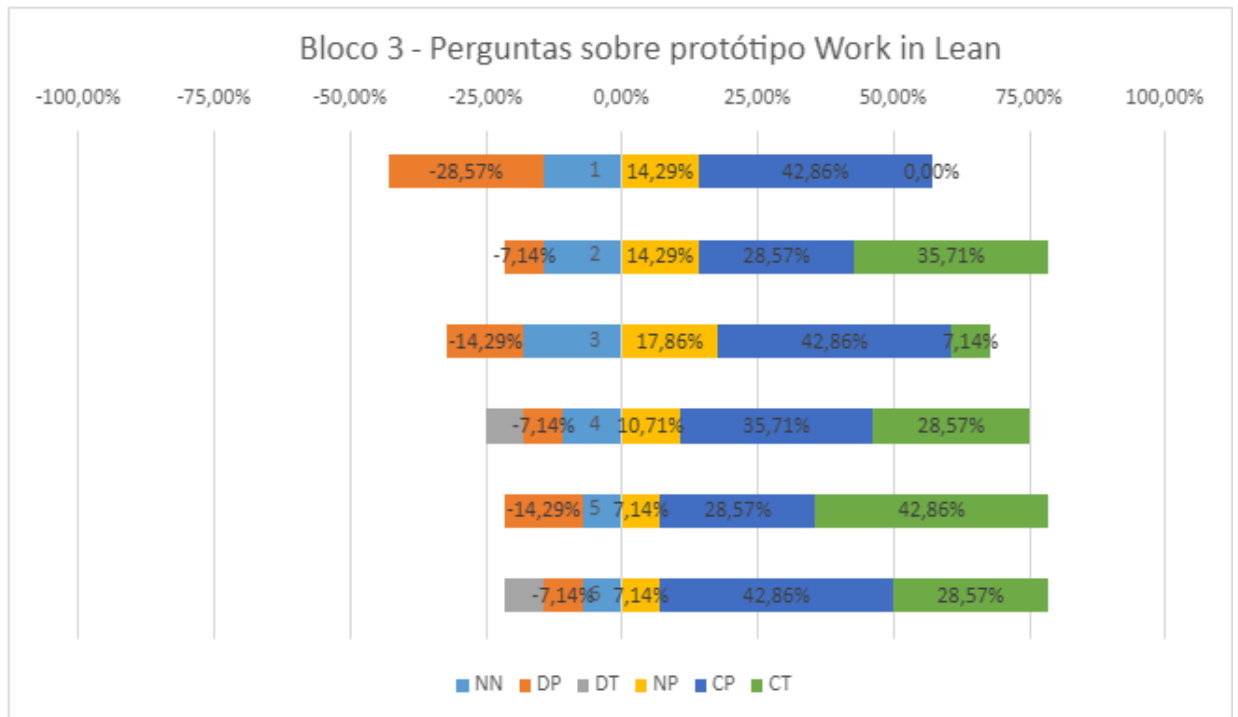
Bloco 3 - Perguntas sobre o protótipo Work in Lean - Interface e Navegação:						
Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa Discordo totalmente e 5 representa Concordo totalmente.						
Sequência	Pergunta	1	2	3	4	5
1	A interface do jogo foi intuitiva.					
2	Os diálogos são autoexplicativos.					
3	O ambiente é exploratório.					
4	O jogo é desafiador					
5	Me senti motivado em participar ativamente do jogo.					
6	Me senti motivado em utilizar os elementos de gamificação.					

Fonte: do autor

Na análise dos resultados do terceiro bloco de perguntas foi possível identificar que o jogo necessita de melhorias em sua interface, uma vez que cerca de 28% dos usuários indicaram que a interface utilizada não seria completamente intuitiva, conforme evidenciado na barra 1 do gráfico 30. No que se refere aos diálogos autoexplicativos, 64% dos usuários avaliaram estes positivamente, sendo compreensíveis e facilitadores do processo, assim como no estudo de Pütz et. al. (2021). Na afirmação sobre o ambiente do jogo, a grande maioria opinou que o ambiente é exploratório, ou seja, capaz de promover a curiosidade e interesse dos participantes irão buscar novas informações, dentro e fora da plataforma. No entanto, aproximadamente 35%, mostrado pela barra 4, dos usuários mantiveram-se indiferentes à questão. Por fim, conforme dados das barras 5 e 6, respectivamente, cerca de 64% dos jogadores informam na pesquisa que se sentiram desafiados ao jogar, outros 71% se sentiram

motivados em participar ativamente do jogo e em utilizar os elementos de gamificação, do mesmo modo que os resultados de Hotta et. al. (2022) Brauner e Ziefle (2022), Biotto et. al. (2021).

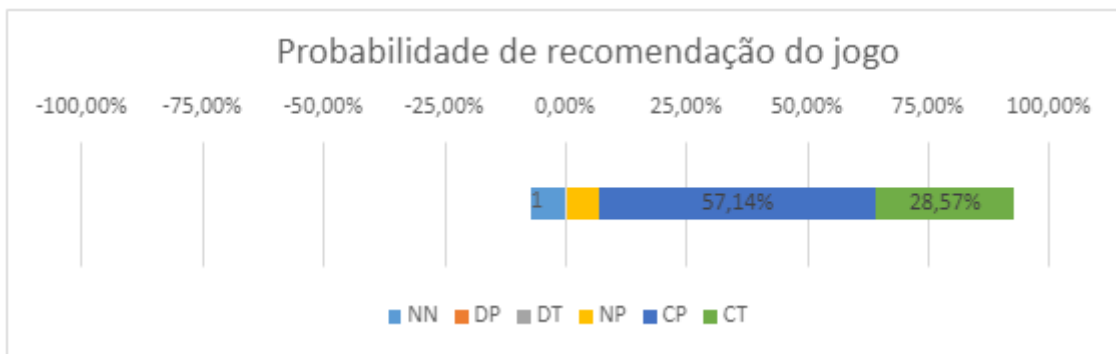
Figura 30 - Gráfico de análise das respostas do bloco 3



Fonte: do autor

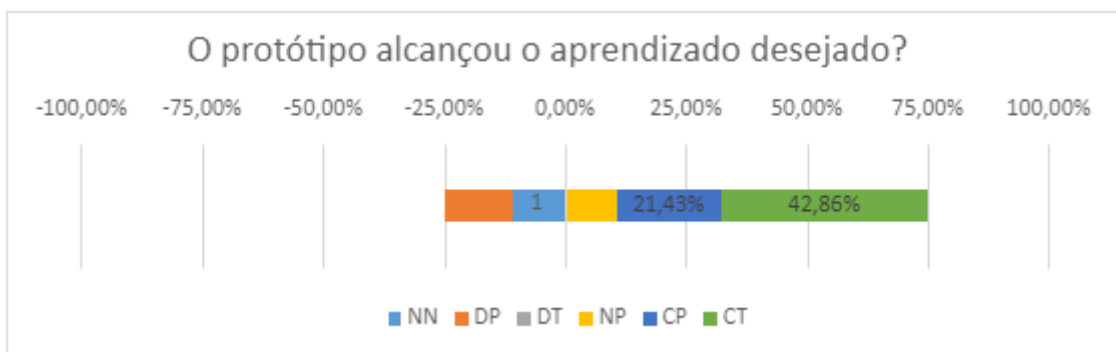
Concluindo as análises, mais de 85% dos participantes recomendariam o jogo, conforme evidenciado no gráfico 31, e 64% avaliaram, consoante resultados do gráfico 32, que o protótipo desenvolvido foi capaz de alcançar o fim a que se destina.

Figura 31 - Gráfico de probabilidade de recomendação do jogo



Fonte: do autor

Figura 32 - Gráfico de alcance do aprendizado por meio do jogo



Fonte: do autor

4.3.2.3. Principais feedbacks

Durante o processo de coleta de informações por meio do formulário de reação/validação do protótipo do serious game, foram reservados dois campos abertos para que os participantes pudessem expressar críticas, sugestões de ajustes e elogios em relação ao jogo. Além do formulário, a discussão com os participantes também proporcionou a coleta de reações dos participantes. Essas abordagens permitiram uma ampla gama de opiniões e percepções sobre o jogo, servindo como subsídio para as correções necessárias e desenvolvimento das pesquisas futuras. Dessa forma, os principais feedbacks foram analisados e tratados, de forma a reunir opiniões similares e responder a algumas questões.

Inicialmente, ratificando os resultados positivos do *Work in Lean* foram registrados comentários favoráveis à plataforma, como:

“O jogo foi capaz de promover o que diz, ensinando o Lean através da gamificação, deixando o aprendizado mais dinâmico.”

“Acredito que o jogo facilitou a visualização dos processos baseados no conceito de *lean construction*.”.

“(O jogo) Aborda temas importantes e tem uma interface didática e instigante.”

“Me senti realmente motivada a participar e ansiosa para verificar a resposta e medir meu raciocínio a respeito das etapas de uma obra.”

“Consegui entender melhor sobre as etapas envolvendo a construção e como otimizar a produção para reduzir desperdícios e ser mais rápida.”

“O ensino por meio do jogo proporciona maior fixação do conteúdo e de forma mais fácil”.

“A utilização do jogo como ferramenta para revisão em véspera de prova seria mais eficaz e motivadora que o desenvolvimento de listas de atividades.”

Os relatos acima mostraram que os objetivos para os quais o jogo foi desenvolvido foram alcançados com sucesso, promovendo o ensino, tornando-o mais dinâmico e motivando na avaliação dos participantes. Além disso, o jogo facilitou a visualização dos processos do *Lean Construction* e necessários para a construção de uma residência. Reforçando esse entendimento dos benefícios da utilização de jogos para o ensino, Herrera et. al. (2019) relataram em seu estudo que muitos alunos não conseguem uma visão clara da aula expositiva, sendo necessária a combinação dessa técnica com jogos para atingir os objetivos educacionais desejados. No entanto, alguns comentários trouxeram situações em que há a ocorrência de falhas no funcionamento do software, como: “Eventualmente, o jogo travava e a interface não permitia que o usuário avançasse para a próxima etapa.” e “Houve incompatibilidade com notebook.”. Essas situações foram motivadas porque o aplicativo utilizado para desenvolvimento do protótipo não possui suporte para um número muito elevado de participantes ativos ao mesmo tempo. Assim com o desenvolvimento completo da

aplicação o problema deixa de existir por já prever o uso simultâneo de vários jogadores e possuir suporte adequado a isto.

Ainda, alguns registros indicaram a necessidade de reorganizar a forma de apresentação dos dados ao longo do jogo, como “apresentar o feedback na etapa de fundação”; “se os feedbacks fossem feitos logo após a realização da atividade e não no final do bloco, além disso, seria mais eficaz aparecer a correção em cima das nossas próprias respostas”; “Na etapa 2 (canteiro) seria melhor deixar as opções visíveis (escritório, almoxarifado, formas, etc) no canto inferior da tela e ter a opção de selecioná-las e arrastá-las para o local desejado”; e “No geral, seria mais proveitoso ter um feedback parcial das etapas. Por exemplo, na etapa 4, poderia mostrar a ordem correta ao fim de cada etapa”. Tais ajustes são válidos pois em revisão ao protótipo considera-se que proporcionam melhor entendimento do conteúdo e agilidade durante a execução do jogo. No que se refere ao comentário da etapa 2, com a função de arrastar os módulos para as posições do canteiro de obras, esta solução foi inicialmente pensada, no entanto não pode ser desenvolvida por limitações do sistema Figma.

Ademais, foram relatados algumas sugestões de melhoria quanto à metodologia de aplicação e o nível de dificuldade das etapas, como: “Antes de iniciar o jogo é preciso ter um embasamento teórico melhor para todos os processos de uma obra, para só assim aplicar na prática (jogo).” e “Uma alternativa viável para maior entendimento seria a aplicação do jogo e posteriormente a aula detalhando o seu conteúdo.”. Essas avaliações dos discentes são muito importantes para conhecer as reais necessidades destes e como o processo de ensino pode se tornar mais efetivo. Esses relatos estão de acordo com os entendimentos dos autores Terpend e Shannon (2021), que afirmaram que a utilização da gamificação pode ser ferramenta para complementar os métodos tradicionais de educação e não para sua substituição. Assim,, segure-se a adoção das metodologias propostas nas próximas pesquisas e aplicações do jogo visando analisar os benefícios auferidos com as mudanças.

Por fim, houve também solicitações de melhoria no conteúdo do jogo como: "Poderia ter explicações melhores de instruções de como funciona as ferramentas de cada etapa", “Talvez dar mais ênfase aos recursos educacionais durante o jogo, em algo como "quer aprender a fazer isso de maneira mais eficiente? Veja este vídeo" etc”, “A presença de algumas questões apenas teóricas ajudaria muito na compreensão do *Lean Construction*.” e “Deixaria mais desafiador, aumentando a quantidade de prováveis problemas que podem ocorrer em uma

obra.”. Para solução da primeira observação é necessário uma maior coleta de dados para identificar qual o problema nas explicações, uma vez que os comandos para a missão e o método de funcionamento são explicados no início de cada etapa. No que tange à ênfase nos recursos educacionais complementares e à adição de desafios e explicações sobre o Lean, estes devem ser contemplados na melhoria do protótipo quando do seu desenvolvimento completo, adicionando às etapas situações imprevisíveis que ocorrem nas obras reais e diálogos voltados à apresentação dos recursos adicionais, como as funções já presentes “Ganhe uma dica” e “Novo material desbloqueado”.

De modo geral, os feedbacks dos participantes permitiram conhecer melhor a impressão do jogo *Work in Lean* e encontrar possíveis incorreções a fim de saná-las e melhorar o processo de ensino do *Lean Construction*. Além disso, as avaliações permitiram ratificar que o protótipo trouxe os mais diversos benefícios no processo de ensino, conforme já esperado.

4.4. Contribuições da pesquisa e do protótipo

Assim, ao final da análise dos resultados do formulário de reação e de validação é possível concluir positivamente que:

- (i) o jogo *Work in Lean* foi capaz de melhorar os níveis de conhecimento dos alunos acerca do *Lean construction*;
- (ii) a gamificação foi capaz de promover o engajamento entre os alunos, docentes e o conteúdo;
- (iii) os alunos consideraram em todas questões que a gamificação é fator atraente para o ensino;
- (iv) o jogo desenvolvido foi capaz de desafiar/instigar os estudantes, motivá-los a participar e a utilizar técnicas de gamificação para o aprendizado; e
- (v) o protótipo foi capaz de cumprir o objetivo para o qual foi desenvolvido: auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do *Lean construction*, como ferramenta complementar.

Por outro lado, o protótipo desenvolvido necessita das seguintes melhorias, a partir da avaliação dos participantes:

(i) maior clareza quanto ao enredo do jogo;

(ii) melhoria da interface do jogo;

(iii) são necessárias correções em textos e funcionalidades do jogo, que apresentam no gabarito respostas duplicadas;

(iv) a etapa 2 (de organização do canteiro de obras) necessita de inclusão da explicação dos motivos determinantes da escolha do posicionamento das instalações e equipamentos;

(v) por indicação dos participantes, na etapa 4, de ordenação das tarefas de execução da base, estrutura, alvenaria, laje e telhado, a resposta correta aos usuários deve acontecer logo após a ordenação de cada atividade que compõe o todo, facilitando a sua compreensão; e

(vi) a última etapa, de preparação, pintura e acabamento, possui um cronograma que reduz o prazo de execução em 1,5h, o que pode gerar impactos na conclusão da atividade e nos custos. Desse modo, o cronograma melhorado deve ser inserido no jogo como gabarito da etapa.

Portanto, a presente pesquisa apresenta contribuições significativas com a atualização do estado da arte acerca do desenvolvimento de jogos para ensino do *Lean Construction*, delineando os requisitos necessários para seu desenvolvimento e destacando os benefícios na utilização destes. Além disso, o trabalho trouxe uma inovação com o desenvolvimento da aplicação educacional digital “Work in Lean”, integrada às tecnologias de comunicação e informação. Isso é particularmente relevante, uma vez que muitos dos jogos encontrados na literatura são físicos e não virtuais.

Desse modo, essa abordagem visa atualizar as metodologias de ensino do *Lean Construction*, facilitando o aprendizado e contornando problemas de engajamento, motivação e, possivelmente, contribuindo também para redução da desistência do curso por ser um fator atraente para os estudantes e facilitar em muitos casos a associação da teoria com a prática, facilitando a compreensão e o emprego dos conteúdos ensinados. Ademais, o jogo ao trabalhar o desenvolvimento de habilidades práticas relevantes para a indústria da construção, a partir de uma simulação de construção de uma residência, pode também preparar os alunos para aplicar os princípios do *Lean Construction* em situações reais de trabalho, facilitando a

transição da teoria para a prática. No que tange aos ajustes, faz-se necessária a implementação das melhorias listadas ao protótipo uma vez que promoverá maior clareza e acessibilidade aos recursos e conteúdos, facilitando o cumprimento do seu objetivo.

4.5. Considerações finais do capítulo

A partir da utilização da Design Science Research (DSR) como metodologia de desenvolvimento da presente pesquisa foi possível o desenvolvimento deste trabalho em 4 etapas principais, sendo elas: a identificação do problema, o projeto e desenvolvimento, a avaliação do artefato (objeto do desenvolvimento) e contribuição da pesquisa.

Na primeira etapa da metodologia objetivou-se compreender a relevância do problema acerca do declínio do rendimento acadêmico dos estudantes do curso de graduação em engenharia civil, a partir da redução das notas do ENADE, e também do elevado índice de desistência do curso, alcançando cerca de 58% dos ingressantes no curso. Vale ressaltar que a queda no rendimento acadêmico não se limitou apenas aos conteúdos específicos da formação, mas também se destacou, durante o último período de avaliação disponível no site do INEP, realizado em 2019, devido ao acentuado decréscimo nas notas obtidas nos componentes de formação geral. Esse cenário suscitou um alerta para a necessidade de aprimoramento dos processos de ensino, visando uma melhoria significativa em todos os aspectos do aprendizado. Complementarmente ao tópico inicial, foram discorridos sobre o processo de ensino-aprendizagem de adultos, sobretudo relacionado ao ensino da engenharia civil. E, em um segundo momento, ainda nesta primeira etapa, foi realizada a revisão da literatura por meio da qual foi possível identificar os principais elementos de desenvolvimento de jogos para o ensino, por meio de estudo de casos, apresentados em artigos acadêmicos, sobre o mesmo assunto.

Na segunda etapa da DSR, que cuidou do processo de projeto e desenvolvimento de recurso educacional para o problema inicialmente levantado, foram definidos os objetivos de aprendizagem a serem alcançados com a ferramenta, o contexto em que se passa o seu desenvolvimento, a elaboração e detalhamento do protótipo, as funcionalidades e dinâmicas requeridas, para o seu funcionamento e alcance dos objetivos, e os recursos disponíveis para complementar o processo de ensino. Além disso, na presente etapa foi realizada a programação da ferramenta de ensino, gerando um protótipo de alta fidelidade ao produto

final, porém com funcionalidades limitadas, especialmente no que tange à capacidade de armazenamento de informações.

Em continuidade, foi estabelecido na terceira etapa a validação do artefato educacional desenvolvido, por meio da qual buscou-se analisar a efetividade das medidas escolhidas e empregadas no protótipo para contornar a problemática do baixo desempenho e, ao mesmo, coletar informações para responder às questões de pesquisa levantadas inicialmente. Assim, escolhidas instituições de ensino para aplicação do protótipo e coleta de informações por meio de formulários de reação/validação.

Na quarta e última etapa, os resultados percorridos na terceira etapa foram compilados e apresentados em relação à questão inicial de pesquisa. Tendo os resultados positivos comprovado a efetividade da utilização da gamificação para promoção da motivação, do engajamento e do ensino do *Lean Construction*, facilitando a associação entre a teoria e a prática. Quanto aos resultados negativos e os feedbacks recebidos, foi possível identificar melhorias no protótipo desenvolvido para melhorar ainda mais a sua capacidade de transmissão de informações, de interação e de ensino aos discentes.

Assim, ao cumprir todas etapas da pesquisa foi possível identificar que os *serious games* são eficazes no ensino de *Lean Construction*, de modo, que 65% relataram um bom conhecimento após a participação no jogo, sendo o percentual antes da participação de apenas 14%. Outros 86% acharam o jogo atrativo para o ensino da filosofia *Lean* e cerca de 83% acreditam que, com ajustes, o jogo pode alcançar seus objetivos. Além disso, por meio da observação e da análise dos resultados, pôde-se concluir que a gamificação promoveu o engajamento entre os alunos, o docente e o conteúdo trabalhado.

Comprovando isto, do total, 65% dos participantes avaliaram a estratégia da gamificação para o ensino como extremamente eficaz e 28% eficaz. Também, cerca de 71% dos estudantes afirmaram que ficaram motivados no processo de ensino-aprendizagem com a utilização do jogo e outros 85% consideraram a gamificação um fator atraente para o ensino. Por fim, conclui-se a partir dos dados coletados e das análises realizadas que o protótipo facilita a associação entre prática e teoria, sendo necessária a necessidade de combinar a utilização do jogo com aulas teóricas para a maximização dos resultados positivos.

Como contribuições, a pesquisa atualizou o estado da arte sobre a utilização da gamificação para o ensino do *Lean Construction*, trouxe uma inovação para a educação ao apresentar o Work in Lea como um novo software para o ensino, atualizou as metodologias de ensino existentes ao integrá-las às Tecnologias de Informação e Comunicação e gerou a oportunidade de melhorias no campo do saber ao utilizar de relatos de usuários para a melhoria, atualização e a avaliação do processo de ensino utilizando a gamificação como ferramenta complementar.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este capítulo expõe as principais conclusões em relação à realização dos objetivos delineados inicialmente. Ao encerramento, são enfatizadas as contribuições advindas desta pesquisa e oferecidas sugestões para investigações posteriores, abrangendo temas correlatos ou que viabilizem a continuidade do presente estudo.

5.1. Conclusões e limitações da pesquisa

O objetivo geral da presente pesquisa se deu no desenvolvimento do protótipo de uma ferramenta educacional, que utiliza de técnicas de gamificação, para auxiliar no processo de ensino do curso de engenharia civil, especificamente o conteúdo relacionado ao *Lean Construction*, visando melhorar o engajamento, a motivação e a aprendizagem do conteúdo pelos discentes.

Os objetivos específicos da pesquisa mostraram-se relevantes ao longo desta, dando suporte para alcance do objetivo geral, sendo possível a identificação na literatura dos principais pontos positivos e as dificuldades da utilização dos serious game para o ensino, a aplicação do *Lean Construction* por meio da gamificação e a avaliação do protótipo como ferramenta auxiliar do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, foi possível também o conhecimento do estado da arte sobre os conteúdos que delinham a pesquisa.

Na análise da literatura, foi possível identificar trabalhos que visavam analisar a utilização de jogos para o ensino do *Lean Construction*. Do total de 81 artigos selecionados para a pesquisa, 25 tratavam sobre jogos destinados exclusivamente ao ensino do *Lean Construction*, sendo que apenas 5 eram virtuais ou digitais. Assim, foi possível também a partir desta revisão sistemática a urgente necessidade de desenvolvimento de jogos digitais, visando a integração com a linguagem e as facilidades amplamente utilizadas pelos estudantes atuais. Além disso, identificou-se que os jogos além de promoverem o engajamento e a motivação, desenvolvem também competências transversais necessárias à atuação profissional, como a comunicação, trabalho em equipe, pensamento crítico, liderança, dentre outras.

A pesquisa desenvolveu-se por meio da metodologia DSR e a partir dos passos esboçados buscou-se o detalhamento do protótipo do *serious game*, denominado Work in Lean,

especificando seus objetivos de aprendizagem relacionados aos princípios do *Lean Construction*; suas metodologias de coleta de informações, de feedback, de coleta de dados para pontuação e métricas de uso; e suas estratégias para promoção do engajamento, da motivação, do ensino e de interesse dos participantes.

A partir do protótipo desenvolvido, realizou-se uma investigação, por meio da aplicação deste e da análise dos resultados obtidos no estudo de caso específico, com o propósito de avaliar se o serious game elaborado foi capaz de aprimorar a eficácia da aprendizagem. Este jogo sério foi concebido com base na simulação de um ambiente real de construção de uma casa, com o intuito de estimular o uso de habilidades e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia, especialmente o *Lean Construction*, ao mesmo tempo em que fornece feedback imediato aos usuários. Além disso, o produto desenvolvido visou também tornar o processo de ensino e aprendizagem dinâmico, escalável e com resultados mensuráveis, motivando a busca pela inovação e pela permanência no curso de engenharia civil.

Na avaliação dos resultados, respondendo à primeira questão de pesquisa, constatou-se que os *serious games* podem sim ser uma ferramenta auxiliar no ensino do *Lean Construction*. O jogo *Work in Lean* foi capaz de melhorar os níveis de conhecimento dos alunos acerca do *Lean construction*, dos quais quase 65% da amostra relatou, após a interação com o jogo, que possuíam um nível de conhecimento “bom” sobre o *Lean Construction*. O mesmo percentual considerou o jogo “muito atrativo” para o ensino da filosofia *Lean* e outros 21% considerou como “atrativo”. Além disso, quase 83% dos participantes afirmaram que após os devidos ajustes o jogo pode alcançar o seu objetivo.

Em resposta à segunda questão de pesquisa, os resultados encontrados indicaram que a gamificação foi capaz de promover o engajamento entre os alunos, docentes e o conteúdo, tendo 65% dos participantes avaliado a estratégia como extremamente eficaz e outros 28% como eficaz. Outros 28% e 43%, respectivamente, concordaram parcialmente e totalmente que o jogo os deixou motivados no processo de ensino-aprendizagem. E, por fim, 85% dos alunos consideraram que a gamificação é fator atraente para o ensino.

Respondendo à última questão de pesquisa, os resultados levaram a entender que o protótipo desenvolvido foi capaz de facilitar a associação entre a prática e a teoria. Também a solução

educacional foi capaz de cumprir o objetivo para o qual foi desenvolvido: auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do Lean Construction, como ferramenta complementar ao ensino, uma vez que os alunos relataram em sua avaliação a necessidade de combinação do jogo com aulas teóricas.

Finalmente, há que se mencionar que alguns fatores impactaram no desenvolvimento da presente pesquisa, sendo eles: (i) a indisponibilidade de informações detalhadas e específicas sobre a desistência e a movimentação intracursos dos estudantes de engenharia civil; (ii) a dificuldade de obtenção de horas-aula das instituições de ensino para aplicação ativa do jogo e coleta de informações, visando o aprimoramento do protótipo desenvolvido; e (iii) a limitação de recursos financeiros para correção das imperfeições e o desenvolvimento completo do protótipo, uma vez que a codificação do jogo fora realizada com recursos próprios e por uma especializada contratada por escopo.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Com o intuito de avançar no desenvolvimento do tema, são apresentadas a seguir algumas sugestões para continuação deste estudo:

- Realizar as correções no protótipo a partir da conclusão desta pesquisa e o desenvolvimento completo deste para avaliação de todas funcionalidades existentes.
- Avaliar a eficiência da combinação entre a utilização do jogo e de aulas teóricas, analisando a influência na ordem de realização para os resultados finais;
- Ampliar o jogo para incorporar todos os 11 princípios do *Lean Construction*;
- Pesquisar junto aos docentes do curso de engenharia civil a receptividade dos serious game para o ensino;
- Realizar a experiência ativa dos alunos no protótipo desenvolvido comparando os resultados e as preferências dos diferentes perfis de estudantes, sendo eles: de universidades públicas e privadas, estudantes do período diurno e noturno, estudantes de diferentes faixas etárias e possivelmente de diferentes graus de ensino, como o técnico, a graduação e a pós-graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELUCI, Alan Cesar Belo; REDIGOLO, Gabriela Leal; ARAKAKI, Patrícia Jaqueline; SILVA, Paulo Sergio Felix da; Design science research como método para pesquisas em tdiic na educação. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1023/752>. Acesso em 20 de agosto de 2022.

AQLAN, Faisal et al. Integrating simulation games and virtual reality to teach manufacturing systems concepts. In: ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. Estados Unidos, 2019. DOI: 10.18260/1-2--32991.

ARNOLD, R.; DOS SANTOS, P. R.; BARBOSA, D. N. F. Um modelo de gamificação para redes sociais educacionais. EaD em Foco, v. 10, n. 1, p. 12-12, 2020.

AVELAR, Andréa de Freitas. Serious games como artefatos digitais de aprendizagem: uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil. 2021. Disponível em: <https://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/2022/05/DM-10A21-Andrea-de-Freitas-Avelar.pdf> acesso em 26 de agosto de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (ABENGE). Relatório síntese. Disponível em: http://www.abenge.org.br/file/RelatorioSintese%20_CN-DCNs_final.pdf. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

BELLOTTI, F. et al. Supporting authors in the development of task-based learning in serious virtual worlds. British Journal of Educational Technology, v. 41, n. 1, p. 86-107, 2010. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01039.x>. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

BIOTTO, C. N. et al. Virtual Parade Game for Lean Teaching and Learning in Students From Brazil and Chile. In: IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges, 2021, Brasil.

BLANCO, E. et al. Designing experiential training in lean product development: A collaboration between industry & academia. In: Proceedings of the 21st International Conference on Engineering and Product Design Education: Towards a New Innovation Landscape, E and PDE 2019, França, 2019.

BLÖCHL, Stefan J.; MICHALICKI, Mathias. Simulation Game for Lean Leadership – Shopfloor Management Combined with Accounting for Lean. *Procedia Manufacturing*, v. 9, p. 97-105, dezembro de 2017. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.031. Acesso em: 10 de março de 2024.

BLOOM, B. S. et al. Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. New York: McKay, v. 20, n. 24, p. 1, 1956.

BRANDALISE, F. M. P. et al. Exploring Visual Management Purposes in Construction Projects. In: IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges, 2021, Brasil.

Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 abr. 2019. Seção 1, p. 31. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rc-es002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 19 de abril de 2024.

BRAUNER, P.; ZIEFLE, M. Beyond playful learning – Serious games for the human-centric digital transformation of production and a design process model. *Technology in Society*, v. 71, p. 10214, 2022.

CHOW, Y. W. et al. Video Games and Virtual Reality as Persuasive Technologies for Health Care: An Overview. *J. Wirel. Mob. Networks Ubiquitous Comput. Dependable Appl.*, v. 8, n. 3, p. 18-35, 2017.

COELHO, M. A. P.; et al; Andragogia e Heutagogia: práticas emergentes na educação, *Revista Transformar*, n.8, 2016, pg. 97 a 107.

Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Resolução nº 1.073, de 19 de abril de 2016. Regulamenta a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais aos profissionais registrados no Sistema Confea/Crea para efeito de fiscalização do exercício profissional no âmbito da Engenharia e da Agronomia. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://em.ufop.br/files/21-Resoluo_CONFEA_1073_de_19_04_2018.pdf>. Acesso em: (19 de abril de 2024).

DALLASEGA, P. et al. BIM, augmented and virtual reality empowering lean construction management: A project simulation game. *Procedia Manufacturing*, v. 45, p. 49-54, 2020. ISSN 2351-9789. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.059>.

DE OLIVEIRA, R. S. J. G. et al. The use of games in a graduation course in an engineering faculty. In: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 2021, Brasil.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel P.; ANTUNES JR, José A. V. *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUKOVSKA-POPOVSKA, I.; HOVE-MADSEN, V.; NIELSEN, K. B. Teaching lean thinking through game: Some challenges. In: *Proceedings of 36th European Society for Engineering Education, SEFI Conference on Quality Assessment, Employability and Innovation*, 2008, Dinamarca.

EUROPEAN COMMISSION. *Implementing the Community Lisbon Programme: Proposal for a Recommendation of the European Parliament and of the Council on the Establishment of the European Qualifications Framework for Lifelong Learning*: European Commission. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52006PC0479>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

FELDER, R. M. et al. The future of engineering education: Part 2. Teaching methods that work. *Chemical engineering education*, v. 34, n. 1, p. 26-39, 2000.

FILATRO, A.; CAIRO, S. *Produção de conteúdos educacionais*. São Paulo: Saraiva, 2015.

FILHO, José Oswaldo Maia. *LEAN CONSTRUCTION: análise e estratégias de uso*. Disponível em :

<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1260/1/Jos%C3%A9%20Oswaldo%20Maia%20Filho.pdf>. acesso em 29 de agosto de 2022.

GAMLIN, A.; BREEDON, P.; MEDJDOUB, B. Immersive virtual reality deployment in a lean manufacturing environment. In: Proceedings - 2014 International Conference on Interactive Technologies and Games, iTAG 2014. Reino Unido, 2014. p. 51-58. DOI: 10.1109/iTAG.2014.13.

GUILLÉN-NIETO, V.; ALESON-CARBONELL, M. Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal!. *Computers & Education*, v. 58, n. 1, p. 435-448, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.015>. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

HAN, S.; PARK, M. Interactive parade game: Impact of managerial reactions to workflow variability. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, v. 16, Special issue Use of Gaming Technology in Architecture, Engineering and Construction, p. 105-118, 2011. Disponível em: <https://www.itcon.org/2011/7>.

HERRERA, R. F. et al. Impact of game-based learning on understanding lean construction principles. *Sustainability*, v. 11, n. 19, p. 5294, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11195294>.

HEVNER, Alan. A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, v. 19, n. 2, p.4, 2007.

_____; CHATTERJEE, Samir. *Design Research in Information Systems: Theory and Practice* [Integrated Series in Information Systems]. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010.

_____ et al. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p.75-105, 2004.

HOTTA, B. Y. et al. Evaluation of the effectiveness of the use of games in the teaching of Production Engineering: an experiment with Goldratt Simulator. In: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 2022, Brasil.

VON HEYL, J. Lean Simulation in Road Construction: Teaching of Basic Lean Principals. In: Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions, 2015, Alemanha.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Censo da Educação Superior 2019: Sinopse Estatística. Brasília: INEP, 2020. Disponível em: <
https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_da_educacao_superior_2019.pdf>. Acesso em: 17 de janeiro de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Enade 2014, Relatório de Área. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2014/2014_rel_engenharia_civil.pdf. Acesso em: 31 agosto 2022

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Enade 2017 Resultados e Indicadores. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=98271-2018-10-09-apresentacao-resultados-enade-2017-2018-10-09&category_slug=outubro-2018-pdf-1&Itemid=30192. Acesso em: 31 agosto 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Resultados Enade 2019, Conceito Enade e IDD 2019. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/apresentacao/2020/Apresentacao_Resultados_Enade_Conceito_Enade_IDD_2019.pdf. Acesso em: 31 agosto 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2022 [recurso eletrônico]. – Brasília, DF : Inep, 2024. 105 p. : il. ISBN 978-65-5801-104-0 (online) https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_educacao_superior_2022.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Brasília, DF, 22 jul. 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/exame-nacional-de-desempenho-dos-estudantes-enade>. Acesso em: 19 abr. 2024.

JACOBSEN, E. L. et al. Lean Construction in a Serious Game Using a Multiplayer Virtual Reality Environment. In: IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges, 2021, Dinamarca.

KEBRITCHI, M.; HIRUMI, A.; BAI, H. The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers & education*, v. 55, n. 2, p. 427-443, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.007>. Acesso em: 26 de agosto de 2022

KICKMEIER-RUST, M. D.; ALBERT, D. Educationally adaptive: Balancing serious games. *International Journal of Computer Science in Sport (International Association of Computer Science in Sport)*, v. 11, n. 1, 2012.

KNIGHT, J. F. et al. Serious gaming technology in major incident triage training: a pragmatic controlled trial. *Resuscitation*, v. 81, n. 9, p. 1175-1179, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.03.042>. Acesso em: 26 de agosto de 2022.

KÖCHE, J. C. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 33ª edição. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2013.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of management learning & education*, v. 4, n. 2, p. 193-212, 2005. DOI <https://doi.org/10.5465/amle.2005.17268566>. Acesso em 26 de agosto de 2022.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Center for Integrated Facility Engineering – CIFE, Stanford University, Stanford – EUA, Technical Report n. 72, 1992.

Knowles, M.S., Holton, E., Swanson, R., 2012. *The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development*, Seventh. ed. Routledge, New York, USA

KRAJČOVIČ, M. et al. Um Estudo de Caso de Jogos Educativos em Realidade Virtual como Método de Ensino de Lean Management. *Eletrônica*, v. 10, n. 7, p. 838, 2021. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/electronics10070838>.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>. Acesso em: 20 junho de 2024.

LEUNG, E.; PLUSKWIK, E. Effectiveness of Gamification Activities in a Project-based Learning Classroom. In: *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2018, Estados Unidos. DOI: 10.18260/1-2--30361. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344813687_Effectiveness_of_Gamification_Activities_in_a_Project-based_Learning_Classroom.

NUANMEESRI, Sumitra. Developing Gamification to Improve Mobile Learning in Web Design Course during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information and Education Technology*, volume 11, número 12, páginas 567-573, 2021.

ONIRIA. Vantagens dos Serious Games. Disponível em: <https://oniria.com.br/serious-games/>. Acesso em 26 de agosto de 2022.

PÁDUA, Rafael Crissóstomo de. Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso. 2014, 61 F. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/implementa%c3%87%c3%83o_de_pr%c3%81ticas_de_lean_construction_em_uma_obra_residencial_em_goi%c3%82nia_%e2%80%93_estudo_de_caso.pdf. Acesso em 29 agosto 2022.

PEFFERS, Ken et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, p.45-77, 2007.

PIMENTEL, Fernando Silvio. Considerações do planejamento da gamificação de uma disciplina no curso de Pedagogia. In: FOFONCA, Eduardo et al. (org.). *Metodologias pedagógicas inovadoras: contextos da educação básica e da educação superior*. Curitiba: Editora IFPR, 2018. v. 1. p. 76-87.

PROSSER, M., TRIGWELL, K., & TAYLOR, P. (1994). A phenomenographic study of academics' conceptions of science learning and teaching. *Learning and Instruction*, 4(3), 217–231. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90024-8)

PROSSER, M.; TRIGWELL, K. Scholarship of Teaching: A Model. *Higher Education Research and Development*, v. 19, n. 2, p. 155-168, jul. 2000. DOI: 10.1080/072943600445628.

PÜTZ, C. et al. Potential of Gamification for Lean Construction Training: An Exploratory Study. In: *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, 2021, Alemanha.

RANI, N. M.; YUSOFF, M. F.; KAMARUZAMAN, M. F. Theoretical framework study on formgiving mobile education game design technology. In: HASSAN, O.; ABIDIN, S.; LEGINO, R.; ANWAR, R.; KAMARUZAMAN, M. (Eds.). *International Colloquium of Art and Design Education Research (i-CADER 2014)*. Singapura: Springer, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-287-332-3_5. Acesso em: 12 de janeiro de 2024.

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. G. Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39 - 52. Jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200145>. Acesso em: 17 de janeiro de 2024.

SCHUCH, F. S.; KRUEGER, F. S.; GONÇALVES, J., A Geotecnia na Engenharia – a Experiência das Visitas Técnicas e sua Importância na Formação Acadêmica. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, [S.l.], v. 3, n. 2, maio 2017. ISSN 2447-5955. Disponível em: . Acesso em: 25 de agosto de 2022.

SILVA, Fábio Krueger; SCHUCH, Fernanda Simoni; SOBROSA, Camila Quevedo. Aula prática do ensaio Marshall: andragogia aplicada ao ensino superior de Engenharia Civil. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/261321.pdf>. acesso em 25 de agosto de 2022.

SIMON, H.A. The sciences of the artificial. MIT press, 1996.

SUBHASH, S.; CUDNEY, E. A. Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in human behavior*, v. 87, p. 192-206, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028>. Acesso em: 31 agosto 2022

THIEDE, B. et al. Enhancing Learning Experience in Physical Action-orientated Learning Factories Using a Virtually Extended Environment and Serious Gaming Approaches. *Procedia Manufacturing*, v. 9, p. 238-244, 2017. ISSN 2351-9789. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301609>. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.04.042.

TERPEND, R.; SHANNON, P. Teaching Lean Principles in Nonmanufacturing Settings Using a Computer Equipment Order Quotation Administrative Process. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, v. 19, 2021. DOI: 10.1111/dsji.12227.

TSENG, Tzu Liang Bill et al. A comparative study of teaching lean manufacturing via hands-on and computer-aided simulation. In: *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Estados Unidos, 2016. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Comparative-Study-of-Teaching-Lean-Manufacturing-Tseng-Akundi/4ebe0fb54175cd273387c2b58d0c39a9728cbb04>.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). *Core Competency Framework*, 2016. Disponível em: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/Careers/undp-hr-core-competency-2016.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

VALENTE, C. P. *Manual Lean – C. Rolim Engenharia*. 2010.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field Tested and Grounded Technological Rules. *Journal of Management Studies*, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430>.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza*. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Título original: *Lean thinking*.

WITECK, G.; ALVES, A. C. Developing lean competencies through serious games. In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2020, Portugal. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/69929>.

Apêndice I - Formulação de reação e validação

07/04/2024, 18:53

Pesquisa de avaliação discente - Work in Lean

Pesquisa de avaliação discente - Work in Lean

Trata-se de formulário para validação do protótipo do serious game, denominado Work in Lean, que tem como objetivo auxiliar o ensino do Lean Construction nos cursos de graduação Engenharia Civil. Objetiva-se também a associação da teoria com a prática, trazendo, ao mesmo tempo, maior engajamento dentro da sala de aula e facilidade de assimilação dos conteúdos ministrados.

* Obrigatória

1. Qual a sua idade? *

- Abaixo de 18
- Entre 18 e 25
- Entre 26 e 35
- Entre 36 e 45
- Acima de 45

2. Preencha as informações abaixo escolhendo apenas uma das opções: *

	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
Estudante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Universidade Pública	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Universidade Privada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cursa ou cursou Engenharia Civil?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Bloco 1 - Perguntas sobre o Lean *

Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa muito RUIM e 5 representa muito BOM.

	1	2	3	4	5
Qual o seu nível de conhecimento sobre o Lean Construction ANTES do Jogo?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qual o seu nível de conhecimento sobre o Lean Construction APÓS do Jogo?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quão claro foi o enredo do jogo, que envolve a construção de uma casa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No seu entendimento, o jogo refletiu as práticas do Lean Construction de que forma?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Você avalia que o protótipo, guardados os ajustes necessários, pode atender aos objetivos propostos de que forma?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quão atrativo você considera o jogo - Work in Lean - para o ensino de Lean Construction?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Bloco 2 - Questionário sobre a utilização da gamificação para o ensino *

Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa extremamente INEFICAZ e 5 representa Extremamente EFICAZ.

	1	2	3	4	5
Você considera atrativo o uso de jogos para ensino do Lean Construction?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na sua avaliação, os serious games são capazes de associar a teoria com a prática?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Você acredita que a gamificação é uma forma mais eficaz para promover o engajamento entre os alunos, temas e os docentes?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A gamificação foi capaz de tornar o processo de ensino mais atraente?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Bloco 3 - Perguntas sobre o protótipo Work in Lean - Interface e Navegação: *

Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa Discordo totalmente e 5 representa Concordo totalmente.

	1	2	3	4	5
A interface do jogo foi intuitiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os diálogos são autoexplicativos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O ambiente é exploratório.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O jogo é desafiador.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me senti motivado em participar ativamente do jogo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me senti motivado em utilizar os elementos de gamificação.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Perguntas sobre o protótipo Work in Lean - Aplicação e Recomendação: *

Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa POUCO necessário e 5 representa EXTREMAMENTE necessário.

	1	2	3	4	5
Como você classificaria a necessidade de participação do mediador para bom o desempenho do ensino por meio do Work in Lean?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Perguntas sobre o protótipo Work in Lean - Aplicação e Recomendação: *

Avalie as alternativas considerando o seguinte: 1 representa NUNCA e 5 representa FREQUENTEMENTE.

	1	2	3	4	5
Qual é a probabilidade de você recomendar este jogo a um amigo ou colega de classe?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Você acha que o jogo atingiu o resultado de aprendizado desejado? *

- Sim
- Não
- Não tenho certeza

9. Comente os motivos que embasaram a sua resposta anterior. *

10. Informe aqui e as suas sugestões de melhoria, os desafios encontrados e comentários sobre o que achou do jogo Work in Lean. *

Este conteúdo não é criado nem endossado pela Microsoft. Os dados que você enviar serão enviados ao proprietário do formulário.



Apêndice II - Plano Geral da Gamificação



Empresa Júnior de Engenharia de Software da Universidade de Brasília
Orchestra Gamificação

Concepção de Software

Projeto: Work in Lean

Brasília, 04 de Outubro de 2023



Universidade de Brasília - Faculdade Gama - Área Especial de Indústria Projeção A Brasília
CEP: 72.444-240 Gama, Distrito Federal - CNPJ: 27.389.308/0001-27
contato@orcestra.com.br

1

Vocabulário

- **Gamificação:** Metodologia baseada na utilização de elementos lúdicos para motivação e engajamento de pessoas;
- **Orchestra Gamificação:** Empresa júnior do curso de engenharia de software;
- **Players:** O público-alvo da gamificação;
- **Lean Construction:** O Lean Construction é uma filosofia empregada na construção que tem como principal objetivo a eliminação de perdas.
- **Self-seeker:** Um tipo de player que se comporta de forma parecida com o philanthropist, porém, ele ajuda esperando algo em troca.
- **Framework:** Uma estrutura de trabalho que atua com funções pré-estabelecidas que se adaptam à situação e à organização em questão;
- **Octalysis Framework:** É um framework de design de gamificação que estabelece os oito principais elementos para a motivação dos seres humanos, desenvolvidas por Yu-Kai Chou;
- **Core Drive:** Unidades de divisão do Framework Octalysis;
- **Booster:** Traduzindo para o português, booster significa impulsionador. É um elemento que dá um impulso ao usuário durante um curto período de tempo. Por exemplo, um Booster de EBZs pode significar que os EBZs que o usuário conquistar durante o efeito do booster valerá mais do que os EBZs normais;
- **Username:** Nome do usuário;
- **Roadmap:** É uma espécie de "mapa" que visa organizar as metas de alguma atividade;
- **Ranking:** Traduzindo para o português, ranking é uma classificação ou listagem. Se refere a um processo de posicionamento de itens;
- **Quizzes:** Um conjunto de questões;
- **Feedback:** Retorno, reação, avaliação ou comentário;



Sumário

Vocabulário.....	2
Sumário.....	3
1. Introdução.....	5
2. Contexto.....	5
3. Público-alvo.....	5
3.1. Visão geral.....	5
3.2. Perfis escolhidos.....	6
4. Teorias da gamificação.....	6
4.1. Octalysis.....	6
4.1.0. Significado Épico & Chamado:.....	7
4.1.1. Desenvolvimento & Realização:.....	7
4.1.2. Empoderamento da Criatividade & Feedback:.....	7
4.1.3. Propriedade & Posse:.....	7
4.1.4. Influência Social e Pertencimento:.....	8
4.1.5. Escassez & Impaciência:.....	8
4.1.6. Imprevisibilidade & Curiosidade:.....	9
4.1.7. Perda e Prevenção:.....	9
4.2. Quais Core Drives foram utilizados e trabalhados com o Octalysis na <Nome>?.....	9
4.2.0. Core Drive Significado Épico:.....	9
4.2.1. Core Drive do Desenvolvimento & Realização:.....	10
4.2.2. Core Drive do Empoderamento & Criatividade:.....	10
4.2.3. Core Drive da Propriedade & Posse:.....	10
4.2.4. Core Drive da Influência Social & Pertencimento:.....	10
4.2.5. Core Drive Escassez & Perda:.....	10
4.3. Lado esquerdo do Cérebro vs Lado direito do Cérebro (Left Brain vs Right Brain).....	11
4.4. E no <Nome do projeto>, qual o lado do cérebro é mais utilizado?.....	11
4.5. Gamificações White Hat e Black Hat.....	13
4.6. Qual a cor do Hat que o <Nome do App> mais utiliza?.....	13
4.7. 6D:.....	14
4.7.0. Definimos os Objetivos:.....	14
4.7.1. Definimos o Comportamento do Alvo:.....	14
4.7.2. Descrevemos os Players:.....	15
4.7.3. Desenvolvemos os Loops de Engajamento:.....	15
4.7.4. Garantimos que a aplicação se Mantenha Divertida:.....	15
4.7.5. Implantamos as Ferramentas Necessárias:.....	15
5. Gamificação do aplicativo.....	15
5.1. Etapas da construção.....	15
5.1.0. Etapa de aterro.....	16
5.1.1. Etapa de preparação do canteiro de obras.....	17
5.1.2. Etapa de fundação.....	17
5.1.3. Etapa de base, alvenaria, laje e telhado.....	18
5.1.4. Etapa de acabamentos e pintura.....	18



5.2. Quiz e conselho do especialista.....	19
5.2.0. Etapa de aterro.....	19
5.2.1. Etapa de preparação do canteiro de obras.....	19
5.2.2. Etapa de fundação.....	19
5.2.3. Etapa de base, alvenaria, laje e telhado.....	19
5.2.4. Etapa de acabamento e pintura.....	19
5.3. Fale com o empreiteiro.....	19
5.4. Recursos Desbloqueáveis.....	19
5.5. Insignias.....	19
5.6. Ranking.....	20
5.7. Fluxo da gamificação.....	20
6. Jornada da gamificação.....	21
6.1. Teoria das Fases da gamificação.....	21
6.2. Aplicação das Fases da gamificação.....	21



1. Introdução

O presente documento tem como objetivo apresentar, detalhadamente e de maneira técnica, toda a abordagem da Gamificação desenvolvida para o projeto de Concepção de Software “Work in Lean”. Serão abordados neste documento todas as técnicas, ferramentas, perfis e teorias escolhidas para o funcionamento da gamificação.

2. Contexto

O projeto “Work in Lean” tem como objetivo fundamental ensinar a metodologia Lean Construction através de uma aplicação mobile para os estudantes de graduação, com foco nos alunos de Engenharia Civil. O contratante nos procurou com a intenção de criar uma gamificação e tornar a experiência de aprendizado do Lean Construction mais agradável.

O Lean Construction é uma metodologia de construção que tem como principal desafio a eliminação de perdas. O método busca otimizar recursos e movimentações que não agregam valor, com o objetivo de ter os melhores resultados com os menores custos e otimização de tempo possível. Essa metodologia possui 11 princípios e, para essa aplicação, dividimos a abordagem desses princípios em 5 etapas, sendo elas:

- Aterro do terreno: diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final, diminuição dos tempos de ciclo.
- Preparação do canteiro de obras: aumento da transparência do processo, Introdução do processo de melhoria contínua na construção.
- Fundação: diminuição dos tempos de ciclo, introdução do processo de melhoria contínua na construção, foco no controle global do processo.
- Base, alvenaria, laje e telhado: Aumento da transparência do processo, foco no controle global do processo, simplificação das atividades por meio da redução do número de etapas.
- Acabamento e pintura: redução da variabilidade, manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões, foco no controle global do processo.

3. Público-alvo

3.1. Visão geral

Ao decorrer do projeto, identificamos três tipos de players que mais fazem sentido com o objetivo fundamental do projeto, que é o de ensinar Lean Construction, sendo eles: *Achiever*, *Player* e *Socializer*. A Gamificação engloba outros tipos de players, porém optamos por dar um enfoque maior a esses perfis mais presentes para atingir, de maneira mais natural, o objetivo estipulado.

3.2. Perfis escolhidos

Achiever: São aqueles que querem ser os melhores jogadores ou, pelo menos, estar dominando o sistema. Querem aprender tudo que for disponibilizado no ambiente, buscando



umentar o seu conhecimento. Eles buscam colecionar vitórias e conquistas, não se incomodando em ostentar seus conhecimentos aos outros usuários;

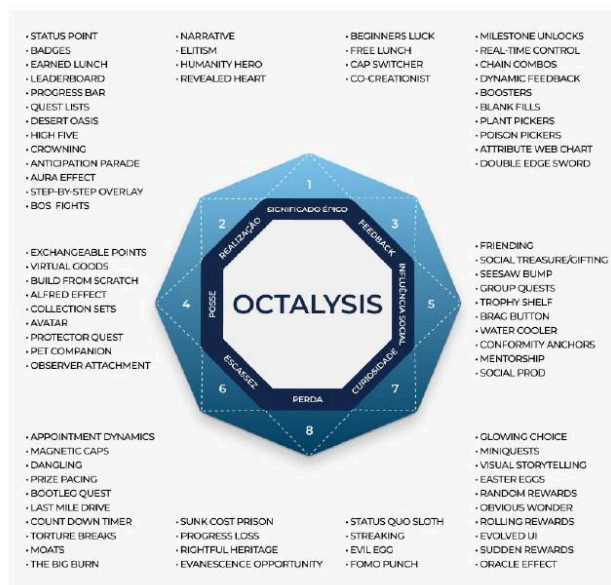
Player: São aqueles que fazem de tudo para ganhar algo do sistema, independente do tipo de atividade, gostam de realizar conquistas e de ter seus nomes no quadro de liderança.

Socializer: São aqueles que motivam-se a jogar principalmente por interagir com seus amigos. Eles continuam jogando por estarem em uma equipe, e visam ajudar a equipe e contribuir com a comunidade local.

4. Teorias da gamificação

4.1. Octalysis:

Um dos frameworks utilizados para sustentar este projeto foi o Octalysis. Conceituada por Yu-Kai Chou, o Octalysis foca no comportamento humano, criando um design para modificar os sentimentos e comportamentos do usuário. Segundo a Metodologia, há oito Core Drives que motivam as pessoas:



4.1.0. Significado Épico & Chamado:

O Core Drive 1, chamado "Significado Épico & Chamado", tem o poder de fazer com que o usuário se sinta uma parte essencial da história contada, como "o escolhido", despertando em si



o sentimento de estar participando de algo maior do que ele próprio. Esse Core Drive incentiva o jogador a se dedicar e participar de forma mais ativa nas atividades propostas. Ao mergulhar o jogador em uma história épica e fazê-lo sentir-se parte integrante de um propósito maior, emerge uma motivação interna que o envolve profundamente na experiência gamificada. Essa paixão impulsiona a persistência, a criatividade e a dedicação, resultando em uma experiência extremamente envolvente e satisfatória.

4.1.1. Desenvolvimento & Realização:

O Core Drive 2, Chamado "Desenvolvimento & Realização", exerce motivação no usuário ao evidenciar que suas atividades o levam a progredir. O que impulsiona o jogador é a sensação de conquista ao visualizar seu avanço e crescimento. Nesse sentido, à medida que os usuários superam desafios e alcançam objetivos, desenvolvem uma confiança mais sólida em suas habilidades de aprendizado, o que pode estimular sua motivação intrínseca e fomentar uma mentalidade de crescimento.

Este Core Drive possui alta relevância, uma vez que está associado a uma aprendizagem mais duradoura, proporcionando maior autonomia aos usuários, além de elevar a satisfação e o prazer durante o processo de aprendizado. Empoderamento da Criatividade & Feedback:

4.1.2. Empoderamento da Criatividade & Feedback:

O Core Drive 3, denominado "Empoderamento da Criatividade & Feedback", se manifesta quando os usuários se envolvem em processos criativos, nos quais estão constantemente descobrindo coisas novas e experimentando combinações diversas. Um aspecto fundamental desse core drive é o sentimento de empoderamento que os jogadores experimentam ao terem controle sobre suas criações.

Ao permitir que tomem decisões e personalizem elementos da aplicação, como personagens, cenários ou itens, os jogadores se tornam participantes ativos no processo de criação. Além disso, esse core drive proporciona um ambiente rico em feedback, onde os sistemas de avaliação, comentários e reconhecimento fornecem um retorno contínuo sobre suas criações. Esse feedback é muito importante para aprimorar suas habilidades, oferecendo informações relevantes sobre o que funciona bem e o que pode ser melhorado.

Dessa forma, é estabelecido um ciclo de aprendizado contínuo, incentivando os jogadores a buscarem melhorias constantes e a permanecerem engajados na gamificação. O poder de criar, experimentar e receber feedback útil nutre a motivação intrínseca dos usuários, tornando a experiência mais gratificante e duradoura.

4.1.3. Propriedade & Posse:

O Core Drive 4 está diretamente associado ao sentimento de posse que os usuários desenvolvem ao se dedicarem para progredir e nutrir algo de sua própria criação. Essa motivação pode ser observada, por exemplo, em atividades rotineiras, como a coleção de figurinhas, em que os indivíduos se esforçam para completar sua coleção e, assim, sentirem-se proprietários do conjunto completo. Nos ambientes digitais, esse core drive pode se manifestar de forma mais implícita, como quando os usuários se apegam ao seu perfil ou avatar e buscam constantemente aprimorá-los, valorizando o tempo e o esforço investidos na personalização desses elementos.



Quando os usuários criam algo próprio, seja uma persona virtual ou qualquer outra forma de expressão, desenvolvem um vínculo emocional com essas criações. Esse vínculo é fortalecido pelo investimento pessoal, o que leva os indivíduos a sentirem-se mais comprometidos com seu desenvolvimento contínuo. Ao buscar melhorias e refinamentos ao longo do tempo, os usuários nutrem o desejo de ver sua criação evoluir, consolidando um senso de orgulho e identificação com aquilo que foi construído por eles. Esse engajamento potencializa a experiência do usuário, contribuindo para uma maior fidelidade à plataforma e uma conexão mais significativa com a gamificação.

4.1.4. Influência Social e Pertencimento:

O Core Drive 5, denominado "Influência Social & Pertencimento", aborda ações realizadas tanto em conjunto com outros usuários quanto com o intuito de serem exibidas para eles. Esse core drive está relacionado ao comportamento influenciado pela preocupação com o que outras pessoas pensam, fazem ou dizem. Sua presença desempenha um papel fundamental na criação de uma experiência socialmente envolvente, incentivando a interação entre os jogadores e promovendo um senso de pertencimento e conexão.

Além disso, este Core Drive estimula a cooperação e a competição saudável entre os usuários, por meio de recursos como desafios cooperativos, rankings ou sistemas de equipes. Dessa forma, os players podem se unir para alcançar objetivos comuns ou competir de forma amigável. Essa dinâmica social fomenta o trabalho em equipe, o compartilhamento de conhecimentos e a superação pessoal, criando uma experiência mais envolvente e motivadora dentro da gamificação. Ao criar laços sociais, é reforçado o engajamento dos usuários e fortalece a comunidade em torno da plataforma, ampliando a experiência de forma significativa.

4.1.5. Escassez & Impaciência:

O Core Drive 6, conhecido como "Escassez & Impaciência", se baseia no desejo do usuário de conquistar algo que é restrito para um determinado grupo ou que é extremamente difícil de conseguir. Esse core drive desempenha um papel fundamental ao criar um senso de urgência e motivação para os players, empregando estratégias que exploram a escassez de recursos ou a necessidade de tomar ações imediatas. Além disso, ele contribui para a sensação de recompensa e conquista, pois quando os usuários enfrentam situações em que os recursos são limitados ou temporários, as recompensas obtidas são valorizadas de forma significativa e gratificante. A conquista se torna mais recompensadora quando alcançada em um contexto de escassez ou necessidade de ação imediata.

Outro ponto relevante é a capacidade de criar um desafio estimulante. Ao introduzir elementos de escassez, como tempo limitado para realizar tarefas ou recursos limitados disponíveis, os players são instigados a agir com rapidez e eficiência. Essa pressão adiciona emoção e adrenalina à gamificação, mantendo os usuários engajados e estimulados a buscar soluções criativas para superar os desafios apresentados. Este Core Drive desencadeia um senso de competitividade saudável e mantém os jogadores envolvidos na busca por alcançar metas difíceis, tornando a experiência mais dinâmica e cativante.



4.1.6. Imprevisibilidade & Curiosidade:

O Core Drive 7, chamado "Imprevisibilidade & Curiosidade", sustenta a motivação e o engajamento do usuário por meio de eventos surpresa e atividades aleatórias, muitas vezes dependentes da sorte. O usuário fica cativado pela aplicação, ansioso para descobrir o que acontecerá a seguir. Essa dinâmica justifica o vício em jogos de azar, como os cassinos, onde a aleatoriedade mantém os jogadores ansiosos para ver os desfechos futuros.

A curiosidade despertada pela imprevisibilidade da aplicação gera uma motivação interna para buscar novas informações, desafios e recompensas. Essa motivação intrínseca é mais duradoura e poderosa do que a motivação externa, pois mantém os players envolvidos e comprometidos com o jogo a longo prazo. Ao proporcionar experiências inesperadas, este Core Drive instiga os usuários a explorar e descobrir novidades, o que aumenta significativamente a retenção e a fidelidade à plataforma. No entanto, é importante que essa imprevisibilidade seja balanceada para evitar frustração excessiva e manter uma experiência gratificante e estimulante para os jogadores.

4.1.7. Perda e Prevenção:

O Core Drive 8, da "Perda e Prevenção", envolve as atividades realizadas pelo usuário motivado pelo medo de perder algo que já conquistou, levando-o a fazer tudo o que for necessário para evitar essa perda. Explorar esse Core Drive é essencial no processo de gamificação, pois apenas a conquista pode se tornar entediante para o jogador; portanto, é importante que exista o receio de perder o que já foi conquistado para manter a motivação em busca do objetivo final.

Além disso, ele estimula a tomada de decisões estratégicas, pois quando os players são confrontados com a possibilidade de perder algo importante, eles precisam avaliar cuidadosamente suas opções e escolher a melhor abordagem para evitar essa perda. Nesse sentido, esse Core Drive desenvolve habilidades de pensamento crítico e planejamento, permitindo que os usuários tomem decisões informadas e eficazes na aplicação. O medo da perda é uma boa ferramenta para manter os jogadores engajados e focados em suas metas, incentivando-os a enfrentar desafios e superar obstáculos ao longo do caminho.

4.2. Quais Core Drives foram utilizados e trabalhados com o Octalysis no Work in Lean?

Neste estágio inicial, será mencionado apenas alguns dos principais elementos que foram incorporados à gamificação da aplicação para destacar o uso estratégico dos Core Drives. Posteriormente, será feita uma explanação mais completa sobre todos os elementos utilizados e como cada Core Drive foi aplicado de forma específica para motivar os usuários.

4.2.0. Core Drive Significado Épico:

Este Core Drive guia toda a aplicação. Durante toda a execução das etapas, o usuário tem um grande objetivo e propósito: fazer construções sustentáveis, eficientes e de alta qualidade. Esse significado transcende a conclusão das etapas e oferece para o player uma grande responsabilidade. Além disso, é criado para o usuário uma grande jornada para o aprendizado. A conclusão do mapa das etapas marca o progresso nessa missão importante oferecida ao player.



4.2.1. Core Drive do Desenvolvimento & Realização:

A implementação desse conceito na gamificação visa incentivar os usuários a progredir nas etapas da construção civil. Ao dividir a execução das atividades em etapas a serem concluídas e organizá-las em um mapa desbloqueável, os usuários conseguem visualizar seu progresso e são motivados a continuar evoluindo e completando as etapas com sucesso. À medida que os players avançam por cada etapa, eles aprimoram suas habilidades de análise crítica na execução das tarefas, e as métricas fornecidas permitem que eles avaliem seu desenvolvimento pessoal. Além disso, os recursos desbloqueáveis, as insígnias e o ranking de pontuação materializam as conquistas dos usuários, proporcionando um profundo senso de realização.

4.2.2. Core Drive do Empoderamento & Criatividade:

Esse Core Drive é aplicado na gamificação por meio da abordagem em etapas. A cada etapa o usuário terá diversas escolhas para fazer. Isso gerará uma combinação única para cada usuário, que terá que usar a criatividade para executar as atividades. Dar essa possibilidade de diversas escolhas empodera o usuário. O player logo em seguida receberá um feedback instantâneo de sua criatividade colocada em prática. Ademais, o recurso de conversar com o empreiteiro de obras estimula a expressão criativa, visto que eles poderão receber informações e orientações, com a possibilidade de explorar diferentes perspectivas e soluções.

4.2.3. Core Drive da Propriedade & Posse:

Nesse Core Drive, o foco está nas recompensas tangíveis. Na aplicação, conforme seu progresso e desempenho, os players podem desbloquear insígnias únicas e recursos desbloqueáveis educativos divertidos. Tais materializações do sucesso dos usuários traz uma sensação de posse, eles se sentem proprietários dessas conquistas e buscam adquirir cada vez mais.

4.2.4. Core Drive da Influência Social & Pertencimento:

O Core Drive Social está em grande peso na plataforma. A possibilidade dos usuários serem agrupados em turmas com seus colegas de faculdade por exemplo incentiva a socialização e colaboratividade entre eles ao resolverem as etapas da gamificação. Além disso, o ranking, tanto da turma quanto o global, incentiva uma competição saudável entre os players. Isso os incentiva a buscar se superar e fazer novas conquistas ao longo das etapas.

Além da interação com outros players, que ocorre naturalmente com a criação de turmas, o usuário recebe a orientação da aplicação por meio de elementos divertidos. Para prosseguir nas etapas ele recebe informações do empreiteiro. Isso cria a sensação de pertencimento, companheirismo e conexão com o personagem em questão.

4.2.5. Core Drive Escassez & Perda:

Esse Core Drive se faz presente na medida que, caso o usuário abandone a aplicação no meio de uma etapa, ele perderá todo o seu progresso na mesma. Com isso, os usuários são incentivados a completar as etapas e ficar na plataforma por mais tempo. Isso cria um senso de urgência e pressão no usuário para continuar progredindo e executando as atividades. A combinação desse Core Drive com o Core Drive da Influência Social & Pertencimento cria uma



dinâmica interessante de competição social. Os usuários querem ter o melhor desempenho e sentem a pressão tendo em vista as possíveis perdas que eles podem ter caso saiam da aplicação no meio de uma etapa.

Os demais Core Drives foram dispensados por não corresponderem à motivação dos tipos *Socializer*, *Player* e *Achiever*, personalidades dominantes de usuários identificadas nesta aplicação.

Ao fazer essa seleção criteriosa dos Core Drives mais adequados, a aplicação poderá concentrar seus esforços em aspectos que realmente engajem e envolvem os perfis de usuários em questão. Ao deixar de lado os Core Drives que não se alinham com as motivações desses tipos específicos, a plataforma pode direcionar seus recursos de forma mais eficiente e criar uma experiência altamente relevante e personalizada para os jogadores.

4.3. Lado esquerdo do Cérebro vs Lado direito do Cérebro (Left Brain vs Right Brain).

Os 8 Core Drives do Octalysis também podem ser divididos de acordo com sua posição no octógono. Os drives do lado direito são chamados "Right Brain Drives" e estão ligados à criatividade, forma de expressão e aspectos sociais. Por outro lado, os drives do lado esquerdo são chamados "Left Brain Drives" e estão relacionados à lógica, cálculos e posse. Essa divisão de lados também se relaciona diretamente com os tipos de motivação dos drives, sendo os "Right Brain Drives" motivadores intrínsecos, que impulsionam a pessoa devido a um incentivo interno, e os "Left Brain Drives" motivadores extrínsecos, que levam a pessoa a realizar algo devido a um estímulo externo.

Diferenciar os tipos de motivação dos drives é essencial, pois pesquisas indicam que, apesar de serem amplamente utilizadas, as motivações extrínsecas podem perder valor quando o incentivo externo é removido. Em alguns casos, o engajamento do usuário, que antes era influenciado por esse incentivo, pode diminuir significativamente.

É importante, portanto, entender como cada tipo de motivação opera para criar estratégias eficazes e duradouras que mantenham o engajamento e a motivação dos usuários ao longo do tempo.

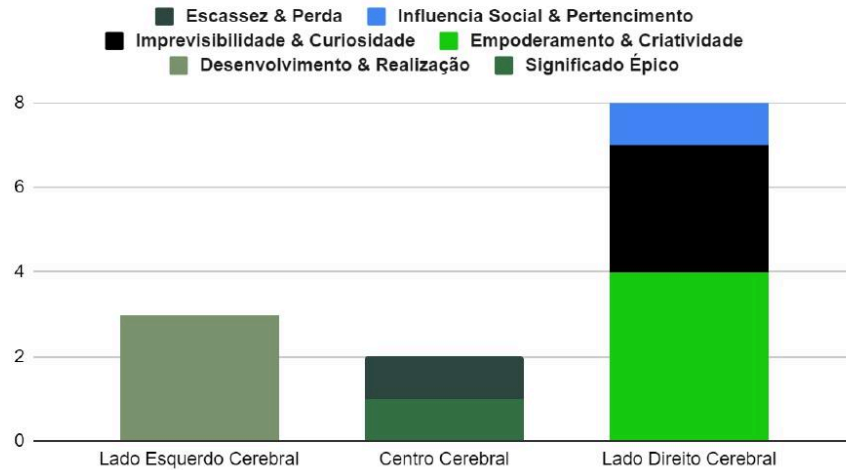
4.4. E no Work in Lean, qual o lado do cérebro é mais utilizado?

Com a seleção dos Core Drives, podemos traçar o lado do cérebro em que os usuários mais se envolverão ao interagir com a aplicação. Para alcançar esse resultado, foram eliminados os Core Drives que não farão parte deste projeto, permitindo uma abordagem mais focada e alinhada com as motivações dos usuários.

Essa análise nos permitirá compreender de forma mais precisa e detalhada como cada Core Drive afeta o comportamento dos usuários e em que medida eles se envolvem com a aplicação. Ao mensurar a quantidade de uso das técnicas de gamificação em cada Core Drive, poderemos, posteriormente, obter a taxa de envolvimento cerebral. Observe:

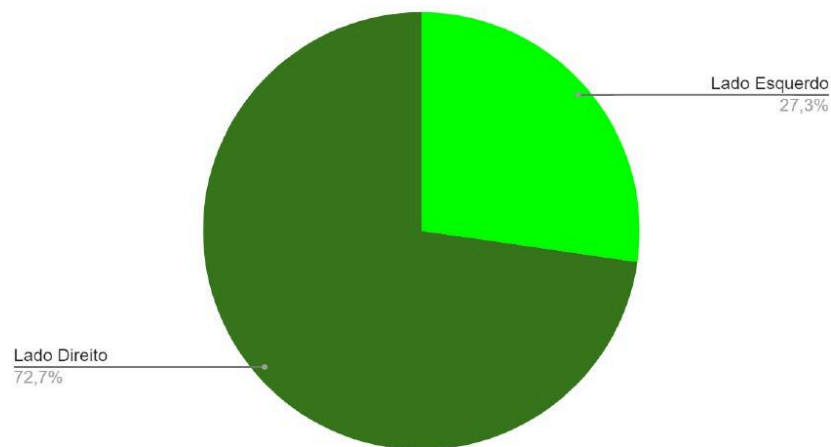


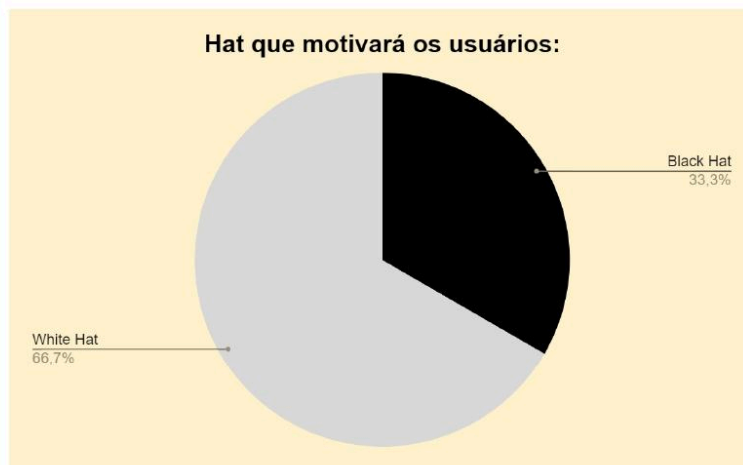
Técnicas em uso para cada Lado Cerebral:



Vale lembrar que a parte central do cérebro é capaz de desenvolver tanto a criatividade quanto a lógica em ambos os lados. Ao considerar que as habilidades criativas e lógicas podem ser nutridas e fortalecidas em ambas as regiões cerebrais, podemos entender que os usuários terão o potencial de se envolver de forma holística e abrangente com a aplicação. A abordagem que promove uma variedade de estímulos criativos e desafios lógicos pode, portanto, estimular o engajamento cerebral de maneira mais completa, maximizando o potencial de aprendizado e desenvolvimento dos players. Com base nesses dados, poderemos finalmente traçar a taxa de envolvimento cerebral por lado:

Envolvimento Cerebral:





A utilização de técnicas positivas nesta aplicação tem como objetivo inspirar os usuários a se envolverem de forma voluntária nas missões de busca, engajando a participação ativa dos players, criando uma atmosfera envolvente que os motiva a se dedicarem a aprender mais sobre o assunto.

Por outro lado, a inclusão de algumas técnicas negativas busca ressaltar a importância do Lean Construction na construção civil. As técnicas gamificadas ajudarão a reforçar os conceitos da metodologia a fim de conscientizar os usuários sobre a seriedade da missão e a necessidade de agir de forma eficiente durante o processo.

4.7. 6D:

Por último, o framework 6D, idealizado por Kevin Werbach, possui uma convergência com a Octalysis em relação ao Design Thinking, ou seja, também é focada no comportamento humano, de forma a mexer com os sentimentos das pessoas. Ela foi aplicada seguindo o sistema que a framework propõe, onde:

4.7.0. Definimos os Objetivos:

Nesse estágio, a formulação da meta deve ser específica e concisa. Uma compreensão clara do objetivo é essencial para guiar todo o processo de definição e busca dos objetivos. Essa clareza inicial estabelece uma base sólida para o planejamento e uma execução eficaz, orientando as etapas subsequentes e maximizando as chances de sucesso.

4.7.1. Definimos o Comportamento do Alvo:

A definição do objetivo requer a definição de limites claros e critérios específicos, o que define o que está incluído e o que está excluído, bem como os padrões ou métricas de sucesso. O comportamento alvo é a ação ou série de ações que os players devem realizar para contribuir para o alcance do objetivo. Isso envolve identificar e descrever o comportamento específico que se deseja que os players adotem em relação ao objetivo.



4.7.2. Descrevemos os Players:

A etapa de planejamento deve ser usada para explorar e coletar informações relevantes que ajudarão a tomar decisões informadas. Isso inclui identificar e compreender os diferentes atores ou partes interessadas envolvidas na busca do objetivo. As informações coletadas devem ser usadas para analisar e descrever as características, motivações, necessidades e comportamentos dos players relevantes para o contexto do objetivo.

4.7.3. Desenvolvemos os Loops de Engajamento:

A etapa de execução envolve a criação de estratégias e mecanismos que incentivem e mantenham o engajamento dos usuários ao longo do processo de busca do objetivo. Este loop pode incluir fornecer recompensas, desafios e interações contínuas para manter os players motivados, interessados e envolvidos.

4.7.4. Garantimos que a aplicação se Mantenha Divertida:

Essa abordagem visa criar uma experiência agradável e envolvente para os players. Tornar a aplicação divertida e atrativa é essencial para manter o interesse e o engajamento dos usuários ao longo do tempo. A diversão é um fator fundamental para manter o envolvimento a longo prazo e proporcionar uma experiência positiva e satisfatória para os usuários.

4.7.5. Implantamos as Ferramentas Necessárias:

Esta etapa abrange o processo de selecionar e utilizar as ferramentas e recursos adequados para apoiar a implementação da estratégia e alcançar os objetivos desejados. Essas ferramentas podem ser tanto tecnológicas quanto não tecnológicas, desempenhando um papel fundamental na criação de uma experiência envolvente e facilitando o acompanhamento do progresso. Escolher as ferramentas certas é crucial para garantir uma execução eficiente e bem-sucedida da estratégia, permitindo que os usuários tenham uma interação agradável e proveitosa com a aplicação.

5. Gamificação do aplicativo

A ideia central do aplicativo é facilitar o aprendizado do Lean Construction pelos estudantes de engenharia. Entretanto, o Lean Construction possui 11 princípios, o que dificulta um pouco seu aprendizado. Essa metodologia da engenharia civil visa otimizar o processo de construção, gastar menos tempo, dinheiro e esforço e oferecer obras de extrema qualidade. Para ensinar cada princípio do Lean, foi pensado em atividades interativas e dinâmicas, além de outras ferramentas para manter o usuário engajado nas mesmas. Seguem abaixo cada um dos elementos da gamificação e suas respectivas técnicas associadas.

5.1. Etapas da construção

Uma etapa de construção é o conceito central da gamificação, na qual todos os outros elementos estão associados. Com o objetivo de aplicar os conceitos do Lean Construction em uma construção, o jogador passa por uma etapa que coloca em prática alguns desses conceitos. Ao entrar em uma etapa é apresentado um problema de otimização que deve ser resolvido bem como as instruções relevantes. Existem 5 etapas pelas quais os usuários podem acessar através



de um mapa de progresso, essas etapas são: “aterro”, “preparação do canteiro de obras”, “fundação”, “base, alvenaria, laje e telhado”, “acabamentos e pintura”.

5.1.o. Etapa de aterro

Na etapa de aterro o objetivo é selecionar a melhor composição de equipamentos para transporte, extração e compactação do solo. Na Tabela 1 são descritos os três tipos de equipamentos, dos quais o usuário deverá escolher a composição mais eficiente, levando em consideração o custo, capacidade, tempo de trajeto, carga e descarga.

Atividade	Item	Capacidade	Custo Horário Produtivo	Custo Horário Produtivo	Quantidade por movimentação m ³	Tempo de Ciclo Remoção e Carga minutos	Opção ideal	
Extração do solo	1	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 4,07	RS 2,04	2	10		
	2	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 3,45	RS 1,73	3	15	1	
	3	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 2,15	RS 1,08	5	17		
	4	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL EM SOLO COM TRATOR DE ESTEIRAS	RS 3,07	RS 1,54	8	20		
			Custo m ³ xkm	Custo Horário Produtivo	Quantidade por movimentação m ³	Distância de transporte	Tempo de Ciclo Carga Transporte Descarga Retorno minutos	Opção ideal
Transporte	1	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M ³	RS 3,05	RS 1,53	6	25	20	2
	2	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M ³	RS 2,55	RS 1,28	10	25	30	
	3	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M ³	RS 2,21	RS 1,11	14	25	34	
	4	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 18 M ³	RS 1,90	RS 0,95	18	25	40	
			Custo Horário Produtivo	Nº de passadas por hora	Total de passadas necessárias	Opção ideal		
Compactação do solo	1	ROLO COMPACTADOR PE DE CARNEIRO VIBRATORIO LARGURA DE TRABALHO 2,15 M	RS 272,05	6	56	RS 15.184,30		
	2	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS	RS 165,50	7	71	RS 11.821,4		



	LARGURA DE TRABALHO 1,68 M				3		
3	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO, LARGURA DE TRABALHO 0,85 M	R\$ 143,92	14	141	R\$ 20.318,12		
4	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) LARGURA DE TRABALHO 0,1 M	R\$ 30,71	120	1200	R\$ 36.852,00		

Tabela 1: Opções de escolha da etapa de aterro

Técnicas relacionadas: Lista de Missões, Perda de Progresso, Controle em Tempo Real e Feedback Instantâneo.

Conceitos Lean relacionados: Diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final, Diminuição dos tempos de ciclo.

5.1.1. Etapa de preparação do canteiro de obras

Na etapa de preparação do canteiro de obras o objetivo é fazer a melhor disposição das estruturas requeridas nessa etapa. Na Tabela 2 são listadas essas estruturas.

Nome	Tamanho	Localizações ideais
Refeitório	6m ²	Localizado no fundo do terreno
Banheiro	2m ²	Localizado no fundo do terreno
Escritório	4m ²	Localizado na entrada do terreno
Almoxarifado	4m ²	Localizado no fundo do terreno
Betoneira	1m ²	Deve estar localizado entre o armazém de cimento/brita e areia e a construção
Formas	8m ²	Localizado no fundo do terreno
Armações	8m ²	Localizado no fundo do terreno
Cimento	2m ²	Deverão estar próximos, pois o objetivo é evitar o gasto do transporte desnecessário.
Brita	2m ²	
Areia	2m ²	
Água	2m ²	O jogador pode colocar em outro local da planta, mas a proximidade entre eles deve estar presente.
Entrada/saída	Alfinete	Localizado na frente do terreno, onde há o caminho livre
Destinação resíduos	4m ²	Localizado na entrada do terreno



Placa de identificação	Alfinete	Localizado na frente do terreno
Materiais cerâmicos	5m ²	Ao lado de onde está sendo construída a casa. Pois a entrega deve ser próximo ao uso

Tabela 2: Estruturas da etapa de preparação do canteiro de obras

Técnicas relacionadas: Lista de Missões, Perda de Progresso, Controle em Tempo Real e Feedback Instantâneo.

Conceitos Lean relacionados: Aumento da transparência do processo, Introdução do processo de melhoria contínua na construção.

5.1.2. Etapa de fundação

Na etapa de fundação, o objetivo é escolher a perfuratriz ideal para a perfurar o solo, dado um laudo SPT de análise do solo. Na Tabela 3 são listadas as perfuratrizes disponíveis para escolha.

Características	Profundidade de máxima	Capacidade total	Custo em hora produtiva	Capacidade perfuração metro por hora
PERFURATRIZ HIDRÁULICA SOBRE CAMINHÃO COM TRADO CURTO ACOPLADO	20 m	90680 PERFURATRIZ HIDRÁULICA SOBRE CAMINHÃO COM TRADO CURTO ACOPLADO, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 20 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 1500 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 137 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 30 KNM - CHP DIURNO. AF_06/2015	R\$ 415,84	1
PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	32 m	93224 PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 32 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 1000 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 350 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 263 KNM - CHP DIURNO. AF_01/2016	R\$ 1.026,64	1,5



PERFURATRIZ MANUAL	5 m	95702 PERFURATRIZ MANUAL, TORQUE MÁXIMO 55 KGF.M, POTENCIA 5 CV, COM DIAMETRO MÁXIMO 8 1/2" - CHP DIURNO. AF_11/2016 PROFUNDIDADE MÁXIMA 3M	R\$ 35,09	0,2
PERFURATRIZ SOBRE ESTEIRA	8 m	90631 PERFURATRIZ SOBRE ESTEIRA, TORQUE MÁXIMO 600 KGF, PESO MÉDIO 1000 KG, POTÊNCIA 20 HP, DIÂMETRO MÁXIMO 10" - CHP DIURNO. AF_06/2015 PROFUNDIDADE MÁXIMA 8M	R\$ 141,66	0,35

Tabela 3: Opções de perfuratriz

Técnicas relacionadas: Lista de Missões, Perda de Progresso, Controle em Tempo Real e Feedback Instantâneo.

Conceitos Lean relacionados: Diminuição dos tempos de ciclo, Introdução do processo de melhoria contínua na construção, Foco no controle global do processo.

5.1.3. Etapa de base, alvenaria, laje e telhado

Na etapa de base, alvenaria, laje e telhado o objetivo é ordenar as atividades para a realização dos itens especificados anteriormente. Na Tabela 4 são descritos as atividades para cada item diferente da etapa.

Organização da sequência das atividades		
BASE	1	Preparação do terreno
	2	Marcação
	3	Escavação para fundação
	4	Instalação de formas
	5	Armaduras
	6	Concretagem
	7	Nivelamento
	8	Cura
	9	Impermeabilização
Estrutura	1	Armaduras
	2	Espaçadores
	3	Formas
	4	Concretagem
	5	Cura
ALVENARIA	1	Marcação



	2	Assentamento blocos
	3	Conferência do nível e prumo
	4	Vergas e contravergas
	5	Encunhamento
	6	Chapisco
	7	Emboço
	8	Reboco
	LAJE	1
2		Lajotas/EPS
3		Armação
4		Escoras
5		Concretagem
6		Cura
TELHADO	1	Vigas e tesouras
	2	Cobertura de telhas
	3	Rufos e calhas
	4	Mantas impermeabilizantes

Tabela 4: Opções de escolha da etapa de base, alvenaria, laje e telhado

Técnicas relacionadas: Lista de Missões, Perda de Progresso, Controle em Tempo Real e Feedback Instantâneo.

Conceitos Lean relacionados: Aumento da transparência do processo, Foco no controle global do processo, Simplificação das atividades por meio da redução do número de etapas.

5.1.4. Etapa de acabamentos e pintura

Na etapa de acabamentos e pintura o objetivo é montar um cronograma de preparação, pintura e acabamentos de uma construção de acordo com a planta a seguir:





Imagem 6: Organização correta do cronograma da etapa 5.

Na etapa o player deverá arrumar um cronograma das atividades de preparação, pintura e acabamento, levando em consideração a disponibilidade de uma equipe para cada atividade. Seu objetivo maior é organizar o cronograma que diminua ao máximo o tempo ocioso das equipes.



Técnicas relacionadas: Lista de Missões, Perda de Progresso, Controle em Tempo Real e Feedback Instantâneo.

Conceitos Lean relacionados: Redução da variabilidade, Manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões, Foco no controle global do processo.

5.2. Quiz e conselho do especialista

Entre cada etapa trabalhada previamente, será feito um quiz, relacionado aos conhecimentos que se procura desenvolver na respectiva etapa. O usuário poderá escolher entre responder o quiz ou passar diretamente para a atividade da etapa. Se o usuário optar por responder e acertar, ele receberá um *conselho do especialista* específico para cada etapa.

5.2.0. Etapa de aterro

O que é Lean Construction?

- a) Um método de construção rápida
- b) Uma filosofia de gestão de projetos de construção
- c) Um tipo de material de construção
- d) Um estilo arquitetônico moderno

Resposta correta: b) Uma filosofia de gestão de projetos de construção

Mensagem do jogo:

O Lean Construction é uma abordagem de gestão de projetos na construção civil baseada nos princípios do Lean Manufacturing. Seu objetivo principal é maximizar o valor para o cliente, eliminando desperdícios e otimizando eficiências em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Isso envolve a colaboração intensiva entre as equipes, a eliminação de atividades que não agregam valor, a promoção de processos eficientes e a busca contínua pela melhoria. A filosofia Lean Construction visa criar um ambiente de construção mais eficiente, transparente e focado nas necessidades do cliente.

5.2.1. Etapa de preparação do canteiro de obras

Qual dos seguintes NÃO é um princípio fundamental do Lean Construction?

- a) Entrega de valor ao cliente
- b) Maximização de estoques
- c) Eliminação de desperdícios
- d) Melhoria contínua

Resposta correta: b) Maximização de estoques

Mensagem do jogo:



São 11 os princípios do Lean Construction, segundo Koskela. Sendo eles:

11 princípios do Lean Construction

por **Lauri Koskela**



Fonte: <https://www.prevision.com.br/blog/lean-construction/>

5.2.2. Etapa de fundação

O que representa um Mapa de Fluxo de Valor na Lean Construction?

- a) Uma planta baixa de um edifício
- b) Um gráfico de progresso financeiro
- c) Uma representação visual do processo de construção
- d) Um plano de marketing para o projeto

Resposta correta: c) Uma representação visual do processo de construção

Mensagem do jogo:

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) no Lean Construction é uma ferramenta visual que representa o fluxo de materiais e informações em um projeto de construção. Ele fornece uma visão abrangente e detalhada do processo, destacando áreas de desperdício e oportunidades de melhoria. O objetivo é identificar ineficiências, atrasos e estoques desnecessários, permitindo que as equipes otimizem o fluxo de trabalho, reduzam custos e melhorem a eficiência geral do projeto.

5.2.3. Etapa de base, alvenaria, laje e telhado

Qual é a importância da gestão visual na Lean Construction?



- a) Reduzir a comunicação
- b) Aumentar o estoque
- c) Criar transparência e identificar problemas rapidamente
- d) Minimizar a colaboração

Resposta correta: c) Criar transparência e identificar problemas rapidamente

Mensagem do jogo:

A gestão visual na Lean Construction é crucial porque proporciona transparência e comunicação eficiente no ambiente de trabalho. Ao utilizar ferramentas visuais, como quadros, gráficos e indicadores, as equipes conseguem monitorar o progresso do projeto de forma clara, identificar rapidamente problemas e tomar ações corretivas. Isso promove a colaboração, engajamento da equipe e ajuda a manter todos os membros alinhados aos objetivos do projeto. A gestão visual na Lean Construction contribui para a eficiência, tomada de decisões informada e, conseqüentemente, para o sucesso global do projeto.

5.2.4. Etapa de acabamento e pintura

O que significa o conceito de "Puxar" (Pull) em Lean Construction?

- a) Iniciar a produção apenas quando a demanda ocorre
- b) Produzir o máximo possível independentemente da demanda
- c) Adiar a produção até o final do projeto
- d) Empurrar o trabalho para a próxima etapa

Resposta correta: a) Iniciar a produção apenas quando a demanda ocorre

Mensagem do jogo:

O conceito de "Puxar" (Pull) em Lean Construction significa iniciar uma atividade apenas quando há uma demanda real por ela, em vez de empurrar o trabalho continuamente. Isso promove a produção no momento certo, evita excesso de estoque, reduz desperdícios e contribui para um fluxo de trabalho mais eficiente. Em vez de antecipar necessidades, o sistema "Puxar" responde à demanda real, otimizando a produção e garantindo que cada etapa do processo seja acionada apenas quando necessária.

Técnicas relacionadas: Percepção de Escolha, Mentoria, Minimissão, Reforço, Narrativa Visual e Narrativa



5.3. Fale com o empreiteiro

FALE COM O EMPREITEIRO é uma funcionalidade que garante a interação do usuário com a aplicação de forma mais dinâmica. Invés do jogador apenas receber as informações das etapas de forma jogada, o usuário terá que falar com o empreiteiro e outros personagens do ramo da construção civil, que vai passar para ele as informações e o guiará entre a jornada das etapas.

Técnicas relacionadas: Efeito Oráculo, Mentoria, Narrativa e Narrativa Visual.

5.4. Recursos Desbloqueáveis

A cada etapa que o usuário executa, ele receberá novos recursos de aprendizagem interativos e dinâmicos. São eles:

- Vídeos sobre o Lean Construction
- Artigos sobre o Lean Construction
- Personagens que interagem com o usuário trazendo para eles explicações práticas e curtas sobre os princípios que foram colocados em prática nas etapas já realizadas.

Técnicas relacionadas: Feedback Instantâneo e Desbloqueio de Marco .

5.5. Ranking

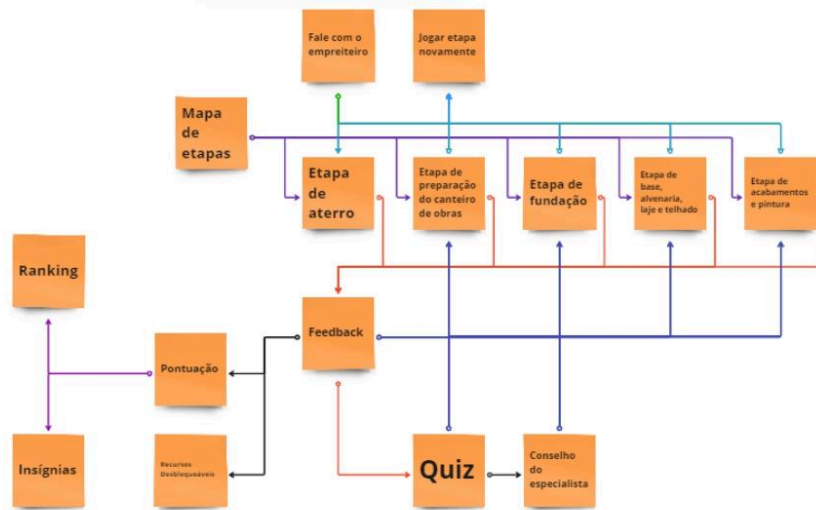
Ao realizar as etapas o usuário recebe uma pontuação específica de acordo com o seu desempenho. Essa pontuação será disposta em um ranking competitivo. Os usuários que estiverem em alguma turma poderão visualizar o ranking global, com sua posição e o ranking da turma. Os players que não estiverem em turmas terão acesso apenas ao ranking global.

Técnicas relacionadas: Leader Board, Recompensas Fixas de Ações Desbloqueio de Marco e Efeito Oráculo.

5.6. Fluxo da gamificação

Segue abaixo o fluxo de toda a gamificação mostrando como os diferentes elementos que a compõem interagem entre si:





6. Jornada da gamificação

A Jornada da Gamificação abrange as fases pelas quais o jogador percorre dentro de uma estrutura gamificada. Essa trajetória tem como objetivo gerar e sustentar emoções motivadoras de maneira sequencial, orientando o jogador a se envolver continuamente no processo de experiência de jogo, para isso é fundamental que o usuário passe por todas as fases da Gamificação, assim garantindo sua eficácia.

6.1. Teoria das Fases da gamificação

- **Descoberta:** Essa fase é compreendida como o momento em que os players tomam conhecimento acerca da gamificação desenvolvida. É importante que nesse estágio o player sinta-se tentado a abraçar a ideia e, naturalmente, se voluntarie a participar da jornada. Assim, que o jogador optar por ingressar na gamificação, a fase de descoberta se encerra.
- **Entrada:** Nessa fase o player irá começar a fazer parte da gamificação de fato.
- **Dia a Dia:** Essa fase é onde o player participará das principais atividades da gamificação.
- **Saída:** Nessa fase o player receberá os resultados de suas atividades da fase do Dia a Dia e será redirecionado, novamente, para a gamificação.

6.2. Aplicação das Fases da gamificação

Nesse tópico vamos demonstrar algumas maneiras que esses itens podem ser encontrados dentro da aplicação.

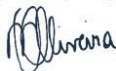
- **Descoberta:** Tela de carregamento, tela de explicação e tela de cadastro.
- **Entrada:** Tela de login e tela inicial.



- Dia a Dia: Tela inicial, tela das etapas, tela do quiz; Perfil.
- Saída: Selos, métricas, recursos desbloqueáveis do lean, feedbacks das etapas.



ASSINATURAS



Márcio Fernando Oliveira
(Cliente)



Ana Luiza Pfeilsticker
(Gerente do Projeto)



Davi Mesquita Sousa
(Projetista 1)



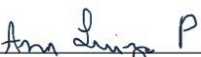
Luis Felipe de Souza Braga
(Projetista 2)



Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida
(Projetista 3)



Página de assinaturas



Ana Tristão
068.100.091-08
Signatário



Caio Almeida
033.848.281-43
Signatário



Luis braga
057.691.781-83
Signatário






Davi Sousa
049.639.821-02
Signatário



Márcio Oliveira
084.324.316-30
Signatário









HISTÓRICO

- 14 dez 2023 17:38:51  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** criou este documento. (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08)
- 14 dez 2023 17:38:53  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08) visualizou este documento por meio do IP 186.235.80.255 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 17:38:56  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08) assinou este documento por meio do IP 186.235.80.255 localizado em Brasília - Federal District - Brazil



Escaneie a imagem para verificar a autenticidade do documento
Hash SHA256 do PDF original #0d40eb5e9a693f63960a0ede436bafb80ab97c3c2febf8bf747260ef6c0abbe9
<https://valida.ae/22a9ec990b864abd3c5cd79acdf2b36d3c6de112c17b2bbe5>



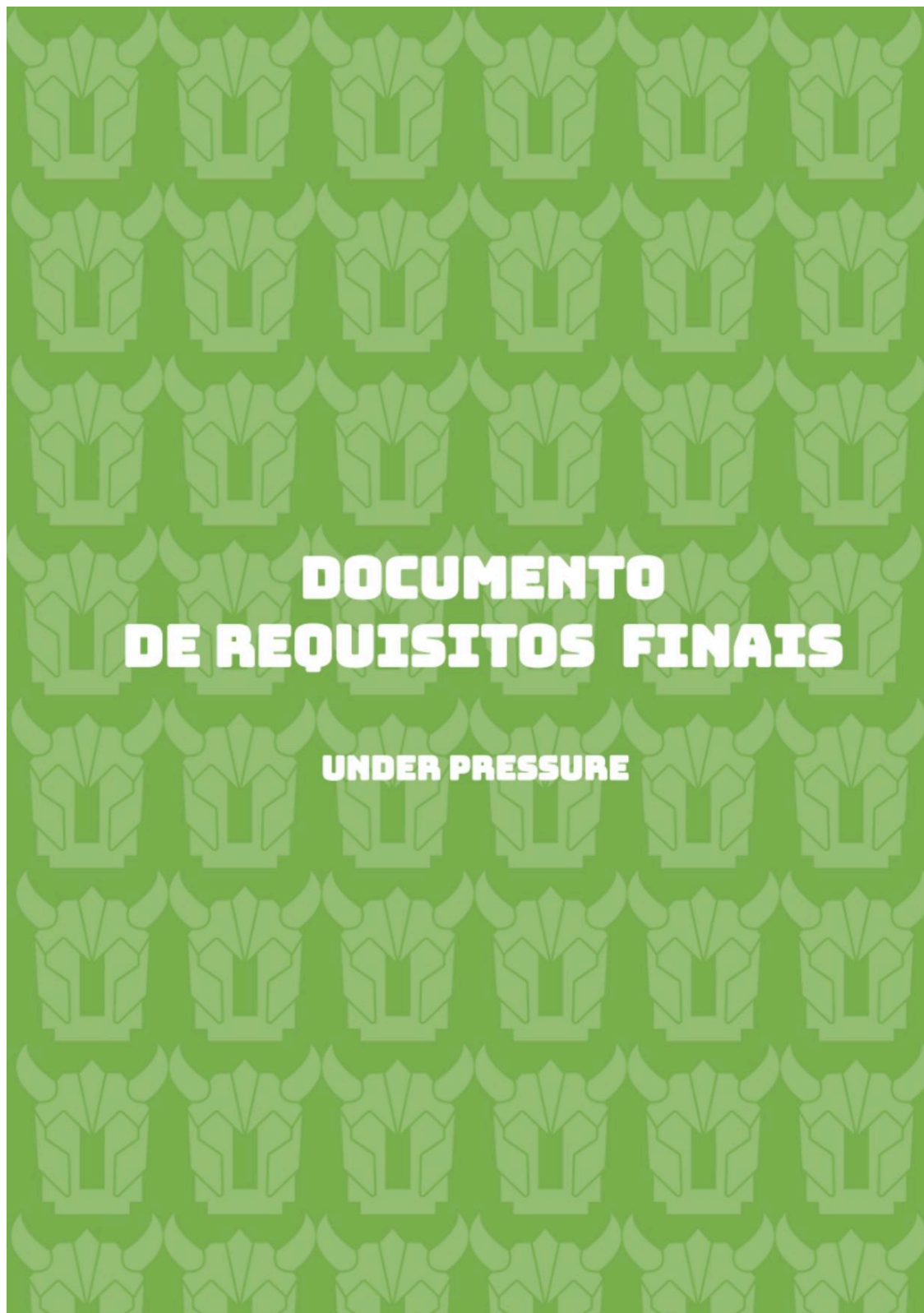
- 15 dez 2023 05:45:34  **Márcio Fernando Oliveira** (E-mail: marcio_oliveiraf@hotmail.com, CPF: 084.324.316-30) visualizou este documento por meio do IP 177.158.132.228 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 15 dez 2023 05:45:34  **Márcio Fernando Oliveira** (E-mail: marcio_oliveiraf@hotmail.com, CPF: 084.324.316-30) assinou este documento por meio do IP 177.158.132.228 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 17:40:02  **Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida** (E-mail: caio.almeida@orcestra.com.br, CPF: 033.848.281-43) visualizou este documento por meio do IP 189.40.77.113 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 17:40:02  **Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida** (E-mail: caio.almeida@orcestra.com.br, CPF: 033.848.281-43) assinou este documento por meio do IP 189.40.77.113 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 17:41:33  **Luis felipe de souza braga** (E-mail: luis.braga@orcestra.com.br, CPF: 057.691.781-83) visualizou este documento por meio do IP 138.0.245.245 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 17:41:33  **Luis felipe de souza braga** (E-mail: luis.braga@orcestra.com.br, CPF: 057.691.781-83) assinou este documento por meio do IP 138.0.245.245 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 18:50:49  **Davi Mesquita Sousa** (E-mail: davi.mesquita@orcestra.com.br, CPF: 049.639.821-02) visualizou este documento por meio do IP 189.61.35.49 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023 18:50:49  **Davi Mesquita Sousa** (E-mail: davi.mesquita@orcestra.com.br, CPF: 049.639.821-02) assinou este documento por meio do IP 189.61.35.49 localizado em Brasília - Federal District - Brazil



Escaneie a imagem para verificar a autenticidade do documento
Hash SHA256 do PDF original #0d40eb5e9a693f63960a0ede436bafb80ab97c3c2febf8bf747260ef6c0abbe9
<https://valida.ae/22a9ec990b864abd3c5cd79acdf2b36d3c6de112c17b2bbe5>



Apêndice III - Documento de requisitos finais



CONTROLE DE VERSÕES

Autor(a)	Detalhamento	Versão	Data
Ana Luiza, Bruno Ricardo, Luis Felipe e Luciano Ricardo	Criação do documento	1.0	22/09/2023
João Matheus e Luciano	Revisão	1.1	26/09/2023
Ana Luiza e Bruno Ricardo	Ajustes	2.0	27/09/2023
Ana Luiza, Bruno Ricardo e Luciano Ricardo	Ajustes	2.1	28/09/2023
Davi Mesquita e Ana Luiza	Revisão	3.0	12/12/2023
Ana Luiza	Ajustes	3.1	14/12/2023

INTRODUÇÃO

Márcio Fernando Oliveira é um mestrando da Universidade de Brasília, ele veio em busca da Orc'estra para o desenvolvimento de uma concepção de software que tem como objetivo a gamificação do ensino do Lean Construction. O Lean Construction é uma abordagem crucial na Engenharia Civil que visa otimizar processos e assegurar a entrega de produtos finais de alta qualidade.

O foco principal do cliente reside na criação de um protótipo de alta fidelidade, cuja finalidade é simular a experiência de uso de um aplicativo gamificado, um componente essencial de sua tese sobre o ensino do Lean Construction.

CENÁRIO ATUAL



De acordo com Márcio, a forma atual de ensino do Lean Construction é caracterizada por ser maçante e pouco atrativa, com um enfoque excessivo em planilhas e dados de difícil visualização. Diante desse cenário, o objetivo final desse projeto é desenvolver um protótipo de alta fidelidade que transforme o ensino do Lean Construction em uma experiência muito mais compreensível e envolvente, utilizando-se da gamificação para atingir tal objetivo.

DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS

Para facilitar a organização e planejamento das sprints de desenvolvimento do projeto os requisitos foram separados entre requisitos da aplicação **(em verde)** e os requisitos da gamificação **(em roxo)**, os quais terão suas regras e detalhes apresentados completamente no documento do Plano Geral da Gamificação.

Os usuários também foram divididos entre **professor** e **estudante**, sendo que o primeiro é representado pelo professor ou educador responsável por gerenciar a aplicação educativa e o segundo se refere aos estudantes que irão interagir com o jogo educativo e participar das atividades propostas na aplicação.

Os requisitos foram classificados em duas categorias, **MVP** e **Final**. O MVP engloba os requisitos mínimos para criar a versão básica e funcional. Já o Final engloba os requisitos necessários para simular o uso do aplicativo de maneira robusta. Essa abordagem visa atender um dos pedidos do cliente.

Para auxiliar no entendimento das 5 etapas nos requisitos, segue a explicação:

Etapa 1 - Aterro do terreno: O usuário terá que selecionar a melhor composição de equipamentos para transporte, extração e compactação do solo (caminhão, retroescavadeira, rolo compactador) e na conclusão da etapa, ele vai receber qual seria a melhor composição, levando em consideração o custo, capacidade, tempo de trajeto, carga e descarga. Visa desenvolver no estudante a diminuição do tempo de ciclo e a diminuição da parcela de atividades que não agregam valor no produto final.

Etapa 2 - Preparação do canteiro de obras: O usuário vai ter que decidir a necessidade de certas áreas no canteiro de obras. Visa desenvolver no estudante o aumento da transparência do processo e a introdução do processo de melhoria contínua na construção. Além disso, também tem como objetivo a eliminação de custos de transporte e de armazenamento, a redução de tempos de ciclo dos processos e o foco no controle total do processo.



Etapa 3 - Fundação: O usuário deverá selecionar a melhor opção de equipamento para perfuração do solo para instalação das estruturas de função da edificação, com base nas especificações técnicas dos equipamentos e das características do laudo de sondagem do terreno. Terá um personagem apresentando e explicando um laudo. Visa desenvolver no estudante a diminuição dos tempos de ciclo, a introdução do processo de melhoria contínua na construção e o foco no controle global do processo.

Etapa 4 - Base, alvenaria, laje e telhado: O usuário terá 5 microetapas onde ele irá ordenar as atividades para fazer a base, estrutura, alvenaria, laje e telhado. Visa desenvolver no estudante o aumento da transparência do processo, o foco no controle global do processo e a simplificação das atividades por meio da redução do número de etapas.

Etapa 5 - Acabamento e pintura: O usuário deverá ser capaz de alterar um cronograma de preparação, pintura e acabamento de uma casa com 1 quarto, um banheiro e uma sala. Visa desenvolver no estudante a redução da variabilidade, a manutenção do equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões e o foco no controle global do processo.

REQUISITOS FUNCIONAIS

Requisitos funcionais descrevem as funcionalidades e as ações que um sistema ou produto deve ser capaz de executar. Eles detalham as tarefas específicas que este produto deve realizar para atender às necessidades do usuário.

ID	DECLARAÇÃO	MVP	FINAL
RF01	A aplicação deverá coletar métricas de uso, sendo elas: o tempo gasto em cada etapa, a pontuação por etapa, o número de tentativas por etapa e também qual etapa o usuário deixou a aplicação, caso aconteça.		x
RF02	Os usuários professores e usuários estudantes deverão poder fazer login usando uma conta do Google.		x



RF03	O usuário estudante deverá poder cadastrar seu nome, sexo, idade, estado em que vive e, caso seja estudante, informações acadêmicas (nome da universidade, se é pública ou particular, curso e período).		x
RF04	O usuário professor deverá poder cadastrar nome, sexo, idade, estado em que vive e nome da universidade que leciona, se é pública ou particular e qual disciplina ele dá aula.		x
RF05	O usuário estudante e usuário professor deverão poder fazer upload de uma foto para perfil.		x
RF06	Os usuários estudantes e os usuários professores deverão poder excluir suas contas.		x
RF07	Os usuários estudantes e os usuários professores deverão poder editar suas informações cadastrais.		x
RF08	O usuário professor deverá poder criar turmas utilizadas para vincular os estudantes e suas métricas a si, contendo as seguintes informações: nome da turma, descrição, código de acesso e lista de estudantes cadastrados.		x
RF09	A aplicação deverá gerar um código de acesso de 6 caracteres alfanuméricos para cada turma criada.		x
RF10	O usuário professor deverá poder visualizar suas turmas criadas e os estudantes cadastrados nas turmas.		x
RF12	O usuário professor deverá poder deletar turmas.		x
RF13	O usuário professor e o usuário estudante deverão poder dar feedbacks da gamificação.		x
RF15	O usuário professor deverá poder remover usuários estudantes das turmas criadas por ele.		x



RF16	O usuário estudante deverá poder entrar em uma turma com o código de acesso da mesma.		x
RF17	O usuário estudante deverá poder sair de uma turma.		x
RF18	A aplicação deverá exibir para o usuário professor um painel com o resumo geral das métricas de uso da turma e de uso global, que estão especificadas no RF01.		x
RF19	A aplicação deverá exibir para o usuário estudante um painel com o resumo geral das suas próprias métricas de uso, que estão especificadas no RF01.		x
RF20	O usuário estudante deverá ser capaz de interagir com um jogo educativo dividido em 5 etapas, sendo elas: aterro, canteiro de obras, fundação, alvenaria e acabamento.	x	
RF21	A aplicação deverá oferecer para o usuário o ranking de pontuação global e da turma da gamificação.		
RF22	O usuário estudante deverá, no início de cada etapa, com exceção da primeira, ser capaz de responder um quiz opcional com uma questão relacionada à etapa e, caso responda corretamente, ganhará um bônus para a etapa atual.	x	
RF23	O bônus deverá ser em formato de dica dada pelo empreiteiro durante a explicação da etapa.	x	
RF24	A aplicação deverá, ao final de cada etapa, exibir para o usuário estudante um feedback, descrevendo o seu desempenho em cada etapa, tempo gasto e a resolução ideal dentro dos conceitos do Lean Construction.	x	
RF25	O usuário estudante, caso saia durante a execução de uma etapa, deverá perder seu progresso na mesma.		x
RF26	A aplicação deverá, ao final de cada etapa, disponibilizar materiais adicionais, sendo eles vídeos, artigos ou estudos		x



	de caso mais avançados sobre como o Lean Construction é aplicado em projetos reais.		
RF27	O usuário estudante deverá ser capaz de jogar novamente uma etapa, caso deseje.	x	
RF28	A aplicação deverá possuir um guia caracterizado de engenheiro para guiar o usuário estudante pelo jogo educativo, trazendo informações sobre como a resolução das etapas deve ser feita e oferecendo materiais (plantas e estudos) para a conclusão da etapa.	x	
RF29	O guia engenheiro deverá, no início da etapa de aterro, oferecer uma planta da estrutura que deverá ser aterrada.	x	
RF30	A aplicação deverá, na etapa de aterro, fornecer 12 tipos de maquinários com seus respectivos atributos (custo, capacidade, tempo de trajeto, tempo de carga e tempo de descarga).	x	
RF31	O usuário estudante, para solucionar a etapa de aterro, deverá escolher o maquinário que será utilizado para o aterro da estrutura baseado em seus atributos e a metodologia do Lean Construction.	x	
RF32	A aplicação, na etapa de preparação do canteiro de obras, deverá exibir o canteiro de obras vazio.	x	
RF33	O usuário estudante deverá, na etapa de preparação do canteiro de obras, ser capaz de selecionar as estruturas em todas as áreas vazias.	x	
RF34	A aplicação deverá, na etapa de fundação, exibir um relatório SPT de análise do solo.	x	
RF35	O usuário estudante deverá, na etapa de fundação, ser capaz de escolher a perfuratriz ideal para o cenário, dentro dos conceitos do LEAN Construction, dentre uma lista e visualizar seus respectivos atributos (custo, capacidade	x	



	total, capacidade-hora).		
RF36	O usuário estudante deverá, na etapa de BALT, escolher a ordem das atividades para execução da base, estrutura, alvenaria, laje e telhado.	x	
RF37	A aplicação deverá, na etapa de acabamento e pintura, oferecer para o usuário estudante a planta de uma construção.	x	
RF38	A aplicação deverá, na etapa de acabamento e pintura, deverá oferecer ao usuário estudante, um cronograma das atividades de preparação, pintura e acabamento.	x	
RF39	O usuário estudante deverá poder clicar em cima de cada item do cronograma, para alterar o tipo de atividade.	x	

REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Requisitos não funcionais descrevem características e qualidades do sistema ou produto. Eles estão relacionados a aspectos como desempenho, confiabilidade, segurança, usabilidade e compatibilidade.

RNFO1	O aplicativo deverá ter foco nos estudantes de graduação de Engenharia Civil.
RNFO2	O aplicativo deverá ser desenvolvido para dispositivos mobile, tanto para sistemas android quanto para sistemas iOS.
RNFO3	O aplicativo deverá ter responsividade com telas de diferentes dispositivos móveis, como smartphones e tablets.
RNFO4	O aplicativo deverá ser gamificado visando maior engajamento no ensino do Lean Construction.
RNFO5	O tempo médio que um usuário deve precisar para ultrapassar uma etapa não pode ser maior que 10 minutos.

RESUMO GERAL DOS REQUISITOS

A aplicação será desenvolvida para dispositivos mobile como smartphones e tablets, com responsividade para diversos tipos de aparelhos e tem como foco estudantes de engenharia civil. Ela possui dois tipos de usuários diferentes, os professores e os estudantes, e ambos podem fazer cadastro, colocando suas informações e foto de perfil, bem como realizar login, modificar e excluir suas contas.

A principal característica do usuário estudante é poder interagir com um jogo educativo, dividido em 5 etapas, que visa ensinar de uma forma mais envolvente a abordagem Lean Construction. Por outro lado, a principal característica do usuário professor é poder criar e gerenciar turmas, que tem como objetivo agrupar os estudantes deste professor para este obter um feedback mais organizado sobre o desempenho geral de seus estudantes.

As 5 etapas do jogo educativo são: aterro, canteiro de obras, fundação, alvenaria e acabamento. Cada etapa deverá proporcionar uma situação diferente para os estudantes resolverem com métodos diferentes de resolução através de um guia caracterizado de engenheiro, além da possibilidade de ganhar um bônus ao responder corretamente um quiz opcional relacionado à etapa em si.

Os estudantes poderão, após interagir com o jogo educativo, visualizar suas métricas de uso individuais de modo geral ou de cada etapa. O conjunto das métricas de uso de todos os estudantes de uma turma é então organizado e disponibilizado para o professor responsável por aquela turma específica.



ASSINATURAS



Márcio Fernando Oliveira
(Cliente)



Ana Luiza Pfeilsticker
(Gerente do Projeto)



Davi Mesquita Sousa
(Projetista 1)



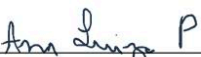
Luis Felipe de Souza Braga
(Projetista 2)



Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida
(Projetista 3)



Página de assinaturas



Ana Tristão
068.100.091-08
Signatário



Caio Almeida
033.848.281-43
Signatário



Luis braga
057.691.781-83
Signatário






Davi Sousa
049.639.821-02
Signatário



Márcio Oliveira
084.324.316-30
Signatário

HISTÓRICO

- 14 dez 2023**
17:30:09  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** criou este documento. (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08)
- 14 dez 2023**
17:30:10  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08) visualizou este documento por meio do IP 186.235.80.255 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023**
17:30:15  **Ana Luíza Pfeilsticker de Oliveira Araújo Tristão** (E-mail: ana.pfeilsticker@orcestra.com.br, CPF: 068.100.091-08) assinou este documento por meio do IP 186.235.80.255 localizado em Brasília - Federal District - Brazil



Escaneie a imagem para verificar a autenticidade do documento
Hash SHA256 do PDF original #3e780d17db62375c0f1f3e94abad5e569f070c3204b1eb7d5fca3e0ada4f689a
<https://valida.ae/a472783443a14fd7016146cc2fd677b9ce779c98bc68c0fdf>



- 15 dez 2023** 05:45:22  **Márcio Fernando Oliveira** (E-mail: marcio_oliveiraf@hotmail.com, CPF: 084.324.316-30) visualizou este documento por meio do IP 177.158.132.228 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 15 dez 2023** 05:45:22  **Márcio Fernando Oliveira** (E-mail: marcio_oliveiraf@hotmail.com, CPF: 084.324.316-30) assinou este documento por meio do IP 177.158.132.228 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 17:38:25  **Luis felipe de souza braga** (E-mail: luis.braga@orcestra.com.br, CPF: 057.691.781-83) visualizou este documento por meio do IP 138.0.245.245 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 17:38:29  **Luis felipe de souza braga** (E-mail: luis.braga@orcestra.com.br, CPF: 057.691.781-83) assinou este documento por meio do IP 138.0.245.245 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 17:33:39  **Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida** (E-mail: caio.almeida@orcestra.com.br, CPF: 033.848.281-43) visualizou este documento por meio do IP 189.40.77.113 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 17:33:39  **Caio Antônio Araújo Garcia de Almeida** (E-mail: caio.almeida@orcestra.com.br, CPF: 033.848.281-43) assinou este documento por meio do IP 189.40.77.113 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 18:50:05  **Davi Mesquita Sousa** (E-mail: davi.mesquita@orcestra.com.br, CPF: 049.639.821-02) visualizou este documento por meio do IP 189.61.35.49 localizado em Brasília - Federal District - Brazil
- 14 dez 2023** 18:50:05  **Davi Mesquita Sousa** (E-mail: davi.mesquita@orcestra.com.br, CPF: 049.639.821-02) assinou este documento por meio do IP 189.61.35.49 localizado em Brasília - Federal District - Brazil



Escaneie a imagem para verificar a autenticidade do documento
Hash SHA256 do PDF original #3e780d17db62375c0f1f3e94abad5e569f070c3204b1eb7d5fca3e0ada4f689a
<https://valida.ae/a472783443a14fd7016146cc2fd677b9ce779c98bc68c0fdf>

