



***SERIOUS GAMES* COMO ARTEFATOS DIGITAIS DE
APRENDIZAGEM:**

uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil

ANDRÉA DE FREITAS AVELAR

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**

***SERIOUS GAMES* COMO ARTEFATOS DIGITAIS DE
APRENDIZAGEM:**

uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil

ANDRÉA DE FREITAS AVELAR

ORIENTADORA: MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO

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

BRASÍLIA/DF: SETEMBRO - 2021
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

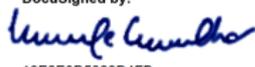
***SERIOUS GAMES* COMO ARTEFATOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM: uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil**

ANDRÉA DE FREITAS AVELAR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA 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.

APROVADA POR:

Prof.^ª Dr.^ª Michele Tereza Marques Carvalho (PECC/ENC-UnB)
(Orientadora)

DocuSigned by:

10E2E0D5328D4FB...

Prof. Dr. Luíz Salomão Ribas Gomez (UFSC)
(Examinador interno)

DocuSigned by:

5BAC47599670452...

Prof.^ª Dr.^ª Dianne Magalhães Viana (FT/ENM-UnB)
(Examinadora interna)

DocuSigned by:

C246EB3224E4481...

BRASÍLIA/DF, 02 DE DEZEMBRO DE 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

AVELAR, ANDRÉA DE FREITAS

Serious games como artefatos digitais de aprendizagem: uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil [Distrito Federal] 2021.

xxii, 161 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2021).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. *Serious games*
3. Simulação

2. Realidade virtual
4. *Design* instrucional

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Mestre)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AVELAR, A. F. (2021). *Serious games* como artefatos digitais de aprendizagem: uma proposta para o ensino de engenharia civil. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-10A/21, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 154 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Andréa de Freitas Avelar

TÍTULO: *Serious games* como artefatos digitais de aprendizagem: uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil.

GRAU: Mestre ANO: 2021

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. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Andréa de Freitas Avelar

Avenida Francisco de Paula Ferreira, 959 – Alameda das Orquídeas, casa 7. Condomínio Bouganville. Bairro: Residencial Gramado.

CEP:38.706-209 – Patos de Minas – MG – Brasil

E-mail: andreadefreitasavelar@gmail.com

DEDICATÓRIA

À minha filha, Luana, por me mostrar que o “essencial é invisível aos olhos”.

AGRADECIMENTOS

Gratidão é mais do que uma palavra, é um estado de espírito. Sou assim muito grata à:

Michele Carvalho, por fazer deste trabalho algo substancial e significativo;

Gustavo Severo e Everaldo Silva, por me ajudarem a tangibilizar um pensamento;

Geórgia Teixeira, por fazer sempre algo a mais;

Leonardo Avelar, pela eterna parceria de vida;

Maria Cecília, pela vida;

Alessandra Freitas, pelo carinho e presença;

Mei e Kika, pela torcida gratuita e sincera;

Pamo, pela tenda sempre aberta; e,

Edmundo e Yolanda, por se fazerem sempre presentes dentro de mim.

“Os processos educacionais devem ter como intuito a formação de discentes autônomos, capazes de gerir seu próprio processo de aprendizagem e o processo de aprendizagem se dá através da conexão entre a teoria e a realidade”

Paulo Freire

RESUMO

A revolução trazida pela tecnologia da informação mudou a forma como as pessoas veem o mundo, sobretudo com relação aos jovens “nativos digitais” que têm novas expectativas em relação ao aprendizado, ao trabalho e à diversão. Isso nos leva a pensar em novos métodos de ensino por meio de tecnologias digitais como os *serious games*, uma vez que aumentam a efetividade da aprendizagem. Por esse motivo, o principal objetivo desta pesquisa é apresentar um protótipo de um jogo educacional em realidade virtual como ferramenta de ensino para o cálculo de custos de materiais de construção aos alunos do curso de engenharia civil, promovendo o alcance dos níveis cognitivos da taxonomia de Bloom por meio das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial. O tema do jogo foi definido a partir da identificação de problemas de aprendizagem em 59,38% das disciplinas específicas e profissionalizantes do curso de engenharia civil de uma instituição de ensino, das quais a disciplina “Orçamento e planejamento de obras” apresentou os menores desempenhos discentes. A *Design Science Research* foi usada como metodologia desta pesquisa, apoiando a exploração do conhecimento por meio da prática de desenvolvimento de soluções. De posse dos dados coletados durante a pesquisa, foi proposto o jogo EngiTech como uma ferramenta virtual para o ensino de estimativa de custos de construção. Esse protótipo foi validado com os alunos, cujos resultados mostram que 87,5% acreditam completamente no *serious game* apresentado como potencializador da aprendizagem e 81,3% afirmam que os jogos motivam o estudo, além disso, a maioria dos alunos acredita que o EngiTech apresenta um objetivo claro, a realidade virtual facilita o entendimento da atividade e o recurso de *feedbacks* e a possibilidade de repetir a tarefa contribuem para a compreensão do conteúdo, no entanto, 12,5% afirmam que a realização da atividade por meio do jogo não é mais fácil do que a mesma atividade realizada em sala de aula. Trata-se o jogo EngiTech de uma proposta de artefato para facilitar e ampliar o aprendizado nos cursos de engenharia civil e não pretende ser a única ferramenta para lidar com os déficits de aprendizado. No contexto da educação em engenharia, o uso dos *serious games* em realidade virtual é pouco explorado, ainda que reconhecidamente relevante. Diante disso, a grande contribuição deste trabalho é apresentar uma ferramenta para o ensino de engenharia civil que, ancorada nos fundamentos científicos das teorias de aprendizagem e na tecnologia de realidade virtual, é capaz de preencher a lacuna existente entre a fronteira do “saber” e do “saber fazer”, proporcionando ao aluno o conhecimento procedural e fornecendo aos professores uma ferramenta colaborativa, didática e eficaz, capaz de potencializar o universo da prática docente e de reverter situações de deficiências de desempenho discente observadas.

Palavras-chave: *Serious games*. Realidade virtual. Simulação. *Design* instrucional

ABSTRACT

The revolution brought about by technology information has changed the way people see the world, especially about young “digital natives” who hold new expectations concerning learning, working and playing. This leads us to think about new teaching methods through digital technologies such as serious games as they increase the effectiveness of learning. For this reason, the main aim of this research is to present a prototype of an educational game in virtual reality as a teaching tool for calculating the cost of construction materials to civil engineering students, promoting the achievement of cognitive levels of Bloom’s taxonomy through the constructivist and experiential learning theories. The game theme was defined from the identification of learning problems in 59.38% of the specific and professionalizing subjects in the civil engineering course of an educational institution. In this context, the subject “Planning Construction Budgets” revealed the lowest student’s performance. Design Science Research was used as methodology, supporting the exploration of knowledge through the practice of developing solutions. With the data gathered along the research, the EngiTech game was proposed as a virtual tool for teaching construction cost estimation. This prototype was validated with the students, whose results show that 87.5% completely believe in the serious game presented as a learning enhancer and 81.3% claim that games motivate the study. Additionally, most students believe that EngiTech presents a clear objective, virtual reality facilitates the understanding of the activity and the feedback feature and the possibility of repeating the task contribute to the understanding of the content. However, 12.5% state that carrying out the activity within the game is not easier than performing it in the classroom. The EngiTech game is an artifact proposal to facilitate and augment learning in civil engineering courses and is not intended to be the only tool to deal with learning deficits. In the engineering educational setting, the use of serious games in virtual reality is little explored, albeit being a relevant teaching approach. Thus, the major contribution of this work is to present a tool for civil engineering teaching that founded on scientific foundations of learning theories and virtual reality technology is able to fill the gap between the frontier of "knowing" and of “knowing how to do”, providing students with procedural knowledge and professors with a collaborative, didactic and effective tool, capable of enhancing the universe of teaching practice and reversing situations of observed deficiencies in student’s performance.

Keywords: Serious Games. Virtual Reality. Simulation. Instructional Design

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensão do processo cognitivo.....	29
Tabela 2 – Ações de aprendizagem.....	30
Tabela 3 – Resultados de aprendizagem.....	30
Tabela 4 – Ferramentas de aprendizagem.....	31
Tabela 5 – Ações instrucionais.....	54
Tabela 6 – Ferramentas instrucionais.....	54
Tabela 7 – Objetivos instrucionais.....	55
Tabela 8 – Matriz de <i>design</i> instrucional.....	58
Tabela 9 – Disciplinas específicas e profissionalizantes do curso de engenharia civil.....	73
Tabela 10 – Fatores positivos e limitações dos <i>Serious Games</i>	79
Tabela 11 – Ações de aprendizagem e resultados esperados.....	84
Tabela 12 – Matriz de <i>design</i> instrucional.....	86
Tabela 13 – Ferramentas de aprendizagem.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características de aprendizagem dos adultos.....	40
Quadro 2 – Atributos dos <i>serious games</i>	46
Quadro 3 – Exemplos de classes de problemas e artefatos.....	55
Quadro 4 – Tipos de artefatos.....	55
Quadro 5 - Linhas de orientação em <i>Design Science Research</i>	64
Quadro 6 – Tipos e métodos de avaliação em <i>Design Science Research</i>	66
Quadro 7 – Descrição das etapas da pesquisa.....	69
Quadro 8 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio na AVIN.....	76
Quadro 9 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio inferior a 60% na AVIN.....	77
Quadro 10 - Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio inferior a 45% na AVIN.....	77
Quadro 11 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio superior a 60% na AVIN.....	78
Quadro 12 – Relação dos <i>Serious Games</i> encontrados na literatura.....	81
Quadro 13 – Competências e habilidades gerais e específicas da disciplina Orçamento e Planejamento de Obras.....	83
Quadro 14 – Orientações para identificação das ações, ferramentas e objetivos.....	95
Quadro 15 – Atributos dos <i>serious games</i> de Yusoff relacionados com as teorias de aprendizagem abordadas.....	96
Quadro 16 – Questionário de avaliação do artefato.....	99
Quadro 17 – Resultados do questionário de avaliação do artefato.....	100
Quadro 18 – Moda e mediana.....	102
Quadro 19 – Motivos que os alunos consideram para escolher a forma de estudar.....	105
Quadro 20 – Insatisfação dos alunos com as próprias ferramentas de estudo.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala do conhecimento.....	27
Figura 2 – Estrutura da Taxonomia de Bloom revisada.....	29
Figura 3 – Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb.....	37
Figura 4 – Cone de aprendizagem.....	39
Figura 5 – Modelo de aprendizagem baseada em jogos.....	43
Figura 6 – Concepção da mecânica dos <i>Serious Games</i>	48
Figura 7 – Mecânica da aprendizagem e mecânica dos jogos.....	49
Figura 8 – Modelo básico de mediação cultural.....	51
Figura 9 – Estrutura hierárquica da atividade.....	52
Figura 10 – Sistema de atividade.....	52
Figura 11 – Caracterização de um artefato.....	54
Figura 12 – Estrutura da pesquisa.....	68
Figura 13 – Distribuição das disciplinas.....	75
Figura 14 – <i>Systematic Search Flow</i>	79
Figura 15 – Definição de procedimento técnico.....	84
Figura 16 – Modelo conceitual.....	89
Figura 17 – Óculos Rift.....	90
Figura 18 – Suporte para celular.....	90
Figura 19 – Suporte artesanal.....	90
Figura 20 – Diagrama de contexto do sistema.....	91
Figura 21 – Diagrama de utilização do jogo.....	92
Figura 22 – <i>Workflow</i> das simulações.....	93
Figura 23 – Protótipo do jogo EngiTech.....	94
Figura 24 – Mecânica do jogo e mecânica da aprendizagem.....	95
Figura 25 – Escala Likert.....	99
Figura 26 – Distribuição da frequência.....	101
Figura 27 – Ferramentas que os alunos usam para estudar quando não estão assistindo aulas	105

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	18
1.3	QUESTÕES DA PESQUISA	21
1.4	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	22
1.5	HIPÓTESES DA PESQUISA	23
1.6	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	23
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	26
2.1	APRENDIZAGEM, CONHECIMENTO, HABILIDADES E COMPETÊNCIAS – CONCEITOS IMPORTANTES	26
2.2	OBJETIVOS, AÇÕES E RESULTADOS DE APRENDIZAGEM	28
2.2.1	TAXONOMIA DOS OBJETIVOS EDUCACIONAIS DE BLOOM – DOMÍNIO COGNITIVO	28
2.3	TEORIAS DE APRENDIZAGEM	34
2.3.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM CONSTRUTIVISTA	34
2.3.2	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	36
2.3.3	TEORIA DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL (CICLO DA APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL DE KOLB)	37
2.4	METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM	39
2.5	GAMES-BASED LEARNING	41
2.5.1	GAMIFICAÇÃO	43
2.5.2	SERIOUS GAMES (SG)	44
2.5.2.1	ATRIBUTOS DOS SERIOUS GAMES	46
2.5.2.2	MECÂNICA DA APRENDIZAGEM E MECÂNICA DO JOGO	47
2.6	TEORIA DA ATIVIDADE	50
2.6.1	ARTEFATOS	53
2.7	REALIDADE VIRTUAL	56
2.8	DESIGN INSTRUCIONAL	58
2.9	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	61
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	62
3.1	DESIGN SCIENCE	62
3.2	DESIGN SCIENCE RESEARCH	62
3.3	ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA PELO MÉTODO DSR	63
3.4	IMPLANTAÇÃO DA PESQUISA PELO MÉTODO DSR	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.1	IDENTIFICAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA – ETAPA 1	73
4.2	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA – ETAPA 2	78
4.3	COLETA DE DADOS – ETAPA 3	82
4.4	ELABORAÇÃO DO PROJETO / DESIGN INSTRUCIONAL – ETAPA 4	83
4.5	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO – ETAPA 5	88
4.6	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO E DETERMINAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DA SOLUÇÃO – ETAPA 6	98
4.6.1	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	98
4.6.2	DETERMINAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DA SOLUÇÃO	104
4.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	108
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
5.1	CONCLUSÕES QUANTO AO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS	113
5.2	CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA	114
5.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	116
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS	138
	ANEXO A – TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA (ESTRUTURA DO PROCESSO COGNITIVO)	139

ANEXO B – CATEGORIAS DO DOMÍNIO COGNITIVO	140
ANEXO C – MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL.....	141
ANEXO D – COMPETÊNCIAS E HABILIDADES GERAIS E ESPECÍFICAS DO CURSO	142
ANEXO E – PLANO DE ENSINO “ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS”	145
APÊNDICES	148
APÊNDICE I – 1ª REVISÃO DA LITERATURA.....	149
APÊNDICE II – 2ª REVISÃO DA LITERATURA.....	150
APÊNDICE III – CODIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO	157

1 INTRODUÇÃO

O escopo das habilidades científicas e técnicas exigidas nos currículos dos cursos de graduação em engenharia civil é um dos maiores desafios para os jovens alunos durante seus estudos. De fato, eles devem não apenas entender os fundamentos teóricos específicos de várias disciplinas, mas também precisam desenvolver habilidades essenciais para transferir o conhecimento adquirido para a prática profissional. Isso desafia a capacidade de criar, projetar e implementar soluções viáveis e inovadoras, de detectar e corrigir erros, de avaliar e criticar seu próprio trabalho.

Por outro lado, na tentativa de responder às demandas do mundo atual e atentos às características das novas gerações de nativos digitais¹, os professores têm abandonado o modelo tradicional de aulas baseadas em memorização e verificação de conteúdo. Eles buscam formar profissionais críticos, reflexivos e, dentre outros, capazes de resolver problemas.

Nesse sentido, segundo a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) (2020, p.24), “orienta-se a gradual substituição de processos de memorização e de transferência unidirecional e fragmentada de informações pela construção e significação de saberes”, a qual deve ser realizada “[...] por meio do confronto com situações reais ou simuladas, que estimulem o desenvolvimento de capacidades crítico-reflexiva e de uma atitude de aprender a aprender nos alunos” (ABENGE, 2021, p.24).

Fato facilitador desse processo é a onipresença da tecnologia da informação no universo acadêmico, inspirando e facilitando a mudança das aulas tradicionais para os ambientes de aprendizado digital integrados. Esses ambientes de aprendizado interativo apresentam a oportunidade de impulsionar o processo de ensino por meio da incorporação de métodos e ferramentas de aprendizagem ativa.

Do educador espera-se o desenvolvimento de habilidades orientadas para competências, dando aos alunos oportunidade de participar ativamente do próprio processo de aprendizagem (HOFFMANN; KOIFMAN, 2013). Essa ideia é corroborada pelas teorias construtivista e experiencial de aprendizagem, as quais enfatizam a construção do conhecimento por meio da experiência.

¹ Para as pessoas consideradas “nativos digitais”, as tecnologias digitais estão sempre presentes, seja na forma como eles se comunicam com os demais sujeitos ou como se relacionam com o mundo (PRENSKY, 2010).

1.1 Contextualização

Importante salientar que a formação do engenheiro é delineada, fundamentalmente, pelo desenvolvimento das suas competências. Nesse contexto, diferentes organizações propõem conjuntos semelhantes de competências relevantes exigidas para jovens profissionais, entre as quais o *United Nations Development Programme* (UNDP) destaca liderança, inovação, gestão de pessoas e comunicação como competências essenciais (UNDP, 2016), a *European Commission* enfatiza o “aprender a aprender”, a responsabilidade social e civil, a iniciativa, o empreendedorismo, a sensibilização cultural e a criatividade como competências-chave horizontais, destacando, também, a mobilidade como uma competência essencial (EUROPEAN COMMISSION, 2019) e a ABENGE (2021) admite que, além da técnica, os profissionais devem ter domínio de habilidades como liderança, trabalho em grupo, planejamento, gestão estratégica e aprendizado de forma autônoma, competências conhecidas como *soft -skills*.

Diante desse quadro, são necessárias novas perspectivas para o ensino e aprendizagem de engenharia, de forma a fornecer aos jovens estudantes as habilidades e competências para lidar com os desafios da profissão e para trabalhar dentro da dinâmica da sociedade global.

Para tanto, sabe-se que, em termos de metodologias de ensino e aprendizagem, as abordagens ao ensino são constituídas por uma intenção (concepção) e uma estratégia (PROSSER; TRIGWELL, 2000). Sobre isso, Prosser, Trigwell e Taylor (1994) definiram duas principais dimensões ao ensino: mudança conceitual / foco no aluno e transmissão de informação / foco no professor.

Numa perspectiva tradicional de transmissão de conhecimento, o ensino é normalmente associado a uma abordagem de conteúdo, na qual os alunos são considerados receptores passivos de conhecimento. Nesse sentido, o aprendizado consiste em lembrar e reproduzir as respostas ou soluções corretas e/ou memorizar fatos. Por isso, muitas disciplinas nos cursos de engenharia constituem-se tradicionalmente em trabalhos “teóricos” e “práticos”. No entanto, essas duas facetas costumam ser tratadas como entidades separadas em um único assunto. Isso inevitavelmente leva a uma visão desconectada da teoria e da prática, o que torna difícil para o aluno consolidar seus conhecimentos de forma a enfrentar e resolver problemas multidisciplinares desafiadores (FELDER et al., 2000).

Por outro lado, a partir de uma abordagem de aprendizado centrada no aluno, o ensino é um processo no qual os alunos constroem seu próprio entendimento, tendo como foco o *insight*, o pensamento crítico e a aplicação do conhecimento (KEMBER; KWAN,

2000). Nessa perspectiva, a aprendizagem se torna um processo pelo qual o conhecimento é criado através da transformação da experiência (KOLB; KOLB, 2005).

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 “*learnstruments*” ou “instrumentos de aprendizagem”, ou, simplesmente, “artefatos de aprendizagem”.

Neste contexto, os artefatos de aprendizagem visam aumentar a produtividade do aprendiz e do ensino e, por sua capacidade de expandir o conhecimento, podem contribuir consideravelmente para o desenvolvimento das competências humanas. Jovane, Seliger e Stock (2017) acreditam que os “*learnstruments*” podem ter um forte impacto no aprendizado da engenharia.

Os artefatos de aprendizagem podem abordar domínios cognitivos, afetivos e psicomotores (BLOOM et al., 1956), os quais ativados pelas tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICS) permitem a determinação do nível de aprendizado do usuário por meio de ambientes de aprendizado virtuais e integrados como, por exemplo, os “*Serious Games*”².

Esses ambientes de aprendizado interativo apresentam a oportunidade de melhorar o processo de ensino por meio da incorporação de elementos de jogo que demonstram captar a atenção do usuário e motivá-los para atingir objetivos, além de promover a concorrência, o trabalho em equipe e a comunicação. Os métodos de aprendizagem baseados em jogos visam, dentre outros, trazer esses benefícios ao processo de ensino e aprendizagem.

Neste sentido, vários estudos indicam que os jogos podem proporcionar uma experiência aprimorada em comparação com métodos de ensino tradicionais e, portanto, tem grande potencial como ferramenta de aprendizado (BELLOTTI et al., 2010; GUILLÉN-NIETO; ALESON-CARBONELL, 2012; KEBRITCHI; HIRUMI; BAI, 2010; KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2012; KNIGHT et al., 2010).

As metodologias tradicionais de aprendizagem baseadas em “leitura”, “escuta” e “observação” são ineficazes, onde apenas cerca de 10% a 30% dos conteúdos podem ser lembrados pelos alunos (DALE, 1969; BOYLE et al., 2012). A aplicação de tecnologias de aprendizagem avançada, a fim de treinar o conhecimento e as “*soft-skills*” dos alunos aumentam a eficácia dos valores educacionais através do jogo (CONNOLLY et al., 2012).

² No presente trabalho, a expressão “*Serious Games*” é sinônimo de jogos educacionais digitais.

A tecnologia sozinha não motiva os alunos. As situações devem ser criadas e os métodos de aprendizagem que envolvam os alunos devem ser aplicados, por meio do uso da tecnologia. Uma abordagem é introduzir jogos de computador online na educação porque eles podem criar uma nova cultura de aprendizagem que corresponda melhor aos hábitos e interesses dos alunos (PRENSKY, 2001).

Os alunos são inseparáveis dos seus dispositivos móveis, como se fossem uma extensão da sua pessoa. Usar os dispositivos móveis dos estudantes no contexto do ensino do conteúdo aplicado nas salas de aula pode contribuir para que o professor consiga ter alunos mais envolvidos e ativos na aprendizagem (CARVALHO et al., 2015).

1.2 Justificativa e motivação

Os artefatos tecnológicos orientados a conceitos de ensino e aprendizagem, como os *serious games*, desempenham um papel importante na educação superior de engenharia. O uso de novas práticas pedagógicas promove o envolvimento dos alunos, melhora o pensamento crítico e criativo, reduz a apatia e contribui para a aprendizagem entre pares (SUBHASH; CUDNEY, 2018).

Um estudo realizado por Connolly et al. (2012) descobriu que ocorrem mais aquisição de conhecimento, domínio de conteúdo e motivação com o uso dos *serious games* para a aprendizagem.

Por outro lado, o baixo envolvimento dos alunos e a falta de motivação são problemas enfrentados pelos professores nas escolas de forma geral. As universidades, em especial, além de conviverem com a alta taxa de evasão escolar, são confrontadas com o desafio de identificar perfis de empregos futuros e requisitos de competência correlacionados (LEE; HAMMER, 2011).

Além disso, os indicadores de desempenho dos estudantes brasileiros do curso de engenharia civil, avaliados trienalmente pelo Ministério da Educação (MEC) por meio do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes³ (ENADE), têm demonstrado uma perda de desempenho acadêmico ao longo dos últimos ciclos de avaliação, em que a média geral das

³ O ENADE é um exame realizado sob supervisão do Ministério da Educação brasileiro para aferir o desempenho dos estudantes em relação a conhecimentos, competências e habilidades desenvolvidas ao longo do curso e tem por objetivo geral aferir o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares da respectiva área de graduação, suas habilidades para ajustamento às exigências decorrentes da evolução do conhecimento e suas competências para compreender temas exteriores ao âmbito específico de sua profissão, ligados à realidade brasileira e mundial e a outras áreas do conhecimento (INEP, 2020)

notas das provas realizadas pelos alunos nos anos de 2014, 2017 e 2019 foram 45,8%, 44,8% e 40,16% respectivamente (INEP, 2016, 2018, 2020).

Diante deste cenário, torna-se necessário a adaptação e o aprimoramento de conceitos e métodos de educação, como a criação dos ambientes de aprendizagem inovadores, os quais devem ser capazes de atuar, de forma interdisciplinar, no enfrentamento dos desafios mencionados.

As novas diretrizes curriculares para os cursos de engenharia “propõem uma formação com base em um conjunto de experiências práticas e ativas de aprendizagem, vinculadas a conceitos e conhecimentos diversos”, promovendo dessa forma a mudança da “concepção da formação em engenharia de um paradigma com foco em conteúdo para o de construção de competências (ABENGE, 2021, p. 19)

Neste sentido, novas ferramentas foram desenvolvidas e compartilhadas, especialmente aquelas que garantem uma aprendizagem contínua e real. É o caso dos “*Serious Games*”, cujo desempenho os apontam como 78% mais efetivos na fixação do aprendizado, 14% melhores para o desenvolvimento de habilidades comportamentais e 62% mais baratos no custo de treinamento em comparação com metodologias de aprendizagem tradicionais (ONIRIA, 2019).

Shadbolt (2008) afirma que, em breve, o aprendizado utilizará tecnologias de jogo como parte da experiência de aprendizagem. Yusoff (2010), por sua vez, diz que simular uma situação real de dentro de um jogo fornece uma experiência de aprendizagem significativa e envolvente.

Nesse contexto, a realidade virtual (RV) tem sido proposta como uma tecnologia promissora para o ensino superior, uma vez que a combinação de recursos imersivos e interativos permite a aprendizagem experiencial (FROMM et al., 2021). A RV oferece a possibilidade de criar um ambiente centrado no aluno que possa proporcionar mais presença e engajamento, levando os estudantes a uma experiência de aprendizagem aprimorada em comparação com as práticas convencionais em sala de aula (KIM et al., 2020).

E a oportunidade de criar experiências de aprendizagem que de outra forma não seriam possíveis na sala de aula da vida real representa um importante interesse em usar a realidade virtual na educação.

De fato, nos últimos anos, muitos estudos têm explorado o uso de tecnologias de realidade virtual na educação e na indústria da arquitetura e construção para simularem situações reais. A tecnologia de RV é cada vez mais vista como uma oportunidade para

inovar o ensino e a aprendizagem online no ensino superior (WOHLGENANT; SIMONS; STIEGLITZ, 2020).

Estudos mostram que a aprendizagem experiencial por meio da RV é de fato possível e também eficaz em termos de resultados de aprendizagem (KWON, 2019). Su e Cheng (2019) destacaram o potencial da tecnologia de RV para proporcionar aprendizagem experiencial. Chávez e Bayona (2018) enfatizaram as características essenciais da RV que determinam efeitos positivos de aprendizagem, como capacidade interativa, interfaces de imersão, rotinas de animação e movimentos e ambientes virtuais simulados.

Neste sentido, Sacks, Perlman e Barak (2013) mostraram como os ambientes RV podem ser uma ferramenta muito eficaz para o treinamento em segurança da construção, Le, Pedro e Park (2015) acreditam na RV como ferramenta de potencialização do ensino, Niu, Pan e Zhao (2016) estudaram a aplicação da RV para visualização do projeto, *Li et al.* (2018) examinaram diversos trabalhos relativos ao uso da RV para treinamento em engenharia de construção. Os autores revelaram efeitos positivos da aprendizagem apoiada pela RV, que se destaca por possibilitar aumento da motivação e interesse pelo estudo e melhores resultados de aprendizagem.

Isso nos leva a lançar um olhar sobre como a RV pode melhorar de forma relevante e efetiva a formação e a educação de profissionais do universo da engenharia civil, pois essa tecnologia pode gerar resultados de aprendizagem a partir da sensação de presença, do aumento do controle e da alta interatividade que oferece.

Vale ressaltar, ainda, que o avanço tecnológico da infraestrutura e da conectividade 5G, da inteligência artificial e a popularização do metaverso⁴ estão impulsionando a adoção da tecnologia de realidade virtual para diversas áreas como saúde, bem-estar, educação, entretenimento, dentre outros. (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2021).

Em especial, importa considerar que a eclosão da pandemia COVID-19 acelerou o processo de transformação digital da educação, obrigando educadores em todo o mundo, independentemente de sua postura em relação à educação online, sua familiaridade com ela e

⁴ O termo “metaverso” foi cunhado em 1996 no livro *Snow Crash* de Neal Stephenson, no qual o autor de ficção científica descreveu uma versão imersiva da internet que foi acessada via realidade virtual. Metaverso significam ambientes virtuais projetados para serem réplicas digitais exatas de ativos físicos e permitem que as organizações testem rapidamente as mudanças no mundo virtual sem ter que passar por mudanças caras e que consomem muitos recursos no mundo físico (FORBES, 2021).

seu nível de preparação, a fazer, quase instantaneamente, a transição de um sistema educacional presencial para um sistema totalmente online (DHAWAN, 2020; IIVARI; SHARMA; VENTÄ-OLKKONEN, 2020), tornando os artefatos digitais de aprendizagem, especialmente aqueles que oferecem interatividade e realidade, ferramentas importantes no processo de ensino e aprendizagem.

1.3 Questões da pesquisa

Embora os *serious games* sejam uma ferramenta de apoio ao ensino e sua aplicação na educação tem sido considerada de muito interesse nas pesquisas, pouco trabalho existe sobre como os pesquisadores aplicaram a RV imersiva para fins de ensino superior considerando o *design* do jogo como um processo pedagógico baseado nas teorias de aprendizagem.

Como resultado, a maioria dos aplicativos educacionais de RV tem seu foco principal na usabilidade do produto e desconsideram, frequentemente, a aplicação dos fundamentos das teorias de aprendizagem que levam ao sucesso do processo de ensino (SUH; PROPHET, 2018).

Alguns estudos recentes começaram a abordar essa lacuna de pesquisa, fundamentando o *design* de aplicativos educacionais de RV em teorias de aprendizagem, como o construtivismo (KIM et al., 2020) e a aprendizagem experiencial (FROMM et al., 2021).

Os dispositivos móveis estão sendo cada vez mais adotados para fins de aprendizagem e educação (ZAWACKI-RICHTER; LATCHEM, 2018), especialmente os aplicativos desenvolvidos para *smartphones*. Os mais recentes *head-mounted displays* (HMDs), como *HTC Vive* ou *Oculus Rift*, permitem que os usuários experimentem um alto grau de imersão⁵ (FROMM et al., 2021).

Neste sentido, a pretensão do presente estudo é a de contribuir com esta linha de pesquisa e identificar elementos de *design* de jogos educacionais em realidade virtual que possam ser implementados em dispositivos móveis tipo *smartphones* para proporcionar um processo de aprendizagem sob os aspectos construtivista e experiencial para os estudantes do ensino superior.

Para tanto, as questões que sustentam o desenvolvimento desta pesquisa são:

⁵ Imersão descreve o envolvimento de um usuário em um ambiente virtual durante o qual sua consciência do tempo e do mundo real muitas vezes se desconecta, proporcionando, assim, uma sensação de “estar” no ambiente de tarefa (FROMM et al., 2021).

Q1: os *serious games* podem ser uma ferramenta potencializadora da aprendizagem?

Q2: de que forma um *serious game* pode promover a interação do conhecimento teórico com sua aplicação profissional?

A questão 1 visa buscar o entendimento, por meio da revisão sistemática da literatura, sobre os benefícios dos jogos educacionais encontrados em estudos científicos internacionais. A questão 2 visa propor um caminho para promover o desenvolvimento do conhecimento procedimental⁶ nos estudantes do ensino superior, isto é, preencher a lacuna existente entre a fronteira do “saber” e do “saber fazer”.

1.4 Objetivos geral e específicos

Até o momento, poucos instrumentos digitais de aprendizagem usando a realidade virtual imersiva foram realizados prototipicamente com foco no ensino e aprendizagem de conteúdo específicos e no desenvolvimento de habilidades e competências essenciais do curso de graduação em engenharia civil. Isso se explica pela alta complexidade e muitos critérios de projeto possíveis e, inclusive, pelos diversos aspectos didáticos que precisam ser considerados.

Diante desse quadro, o presente trabalho possui como objetivo geral apresentar um protótipo para dispositivos tipo *smartphone* de um jogo em realidade virtual imersiva para ensinar os alunos do curso de graduação em engenharia civil como calcular os custos de materiais de construção, de forma a alcançar os domínios cognitivos da taxonomia de Bloom, a partir dos fundamentos das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial.

Para esse fim, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- a) Identificar na literatura os aspectos positivos e limitações dos *Serious Games*;
- b) Identificar os atributos das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial que suportam a aprendizagem eficiente por meio dos *Serious Games*;
- c) Aplicar os conceitos de orçamentação de obras;
- d) Avaliar a aceitação da ferramenta pelos alunos.

Dessa forma, a abordagem proposta visa promover a conexão entre a teoria e a prática, encurtando a distância entre o conhecimento conceitual e o conhecimento procedimental por meio da construção do conhecimento e da experimentação viabilizada por

⁶ A dimensão procedimental do conhecimento é caracterizada pelas habilidades e estratégias utilizadas na aprendizagem que constituem o saber necessário para a resolução de problemas (ECHEVERRÍA; POZO, 1994), ou seja, é o “que se deve saber fazer” (FILATRO; CAIRO, 2015)

um *serious game* (artefato de aprendizagem), para a atividade de estimativa de custos de materiais de construção.

1.5 Hipóteses da Pesquisa

O uso de jogos com a finalidade de treinamento não visa a diversão. A estrutura lúdica dos games promove a alternância de momentos de tensão e alegria, os quais exigem a concentração do usuário enquanto os *feedbacks* do seu progresso são recebidos. Isso favorece a efetividade do aprendizado. Outro fator relevante é capacidade dos jogos em treinar habilidades comportamentais importantes no mundo atual, conhecidas como *soft-skills* (ONIRIA, 2019).

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

- Aumentam a efetividade da aprendizagem, uma vez que são baseados na simulação de cenários e comportamentos, no uso de habilidades, na aplicação prática de conhecimentos e no *feedback*;
- Tornam o processo de ensino e aprendizagem versátil, escalável e com resultados mensuráveis.

1.6 Delimitações da Pesquisa

Os *serious games* são artefatos tecnológicos capazes de atuar na potencialização do aprendizado com processos direcionados à aprendizagem autodirigida na educação de adultos possuindo diversos fatores positivos, contudo, o universo da presente pesquisa está delimitado com foco nos seguintes benefícios: aprendizagem experimental e facilidade na aquisição do conhecimento, sendo sua abordagem, nesse estudo em particular, conduzida por meio do uso da tecnologia de realidade virtual (RV) e ancorado no aprendizado autônomo, com o olhar para o ambiente de ensino superior em engenharia civil.

Yusoff (2010) considera três perspectivas diferentes para projetar um jogo sério: "pedagógicos", onde as teorias da aprendizagem são consideradas; "psicológicas", que representam fatores que fazem um jogo sério motivacional e envolvente; e a "ciência da computação", que especifica tecnologias para garantir a efetividade da aprendizagem.

Neste sentido, sobreleva ressaltar que o presente estudo, embora referencie, não tem a pretensão de abordar os fundamentos da psicologia e da ciência da computação usados no desenvolvimento do motor do jogo e, sim, os aspectos pedagógicos que influenciam o desenvolvimento de um *serious game*.

1.7 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado no formato de capítulos, sendo o escopo de cada capítulo descrito pelos itens a seguir:

- Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: situa o leitor na temática abordada com a contextualização do tema, a justificativa e motivação pelo estudo, apresenta o problema abordado e as questões que nortearam a pesquisa, as hipóteses levantadas, os objetivos e as limitações da pesquisa;

- Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA: apresenta as referências da literatura aderentes ao tema “*Serious Games*” como artefatos de aprendizagem baseados em jogos educacionais no ensino superior, sem a pretensão de abordar todo o estado da arte do assunto. Esta seção apresenta a definição formal dos *serious games* adotada no presente trabalho, alinhando conceitos importantes para o entendimento da estrutura do processo de ensino e aprendizagem considerados no desenvolvimento do tema e dá ênfase a algumas teorias de aprendizagem, cuja presença é fator determinante para se caracterizar um jogo como jogo educacional. Esse capítulo aborda, ainda, as ferramentas e as estratégias que apóiam o aprendizado por competências.

- Capítulo 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA: descreve o método adotado para a investigação e define as etapas da pesquisa. Este capítulo dedica-se, essencialmente, a estabelecer “o que fazer” e “como fazer” para se atingir os resultados almejados. A metodologia adotada trata do *Design Science Research* e, por isso, o estudo está dividido em seis etapas: i) identificação e contextualização do problema; ii) revisão sistemática da literatura (investigação); iii) coleta de dados; iv) elaboração do *design* instrucional; v) construção do protótipo e; vi) avaliação e comunicação do artefato.

- Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES: este capítulo apresenta os resultados encontrados com as respectivas análises e discussões;

- Capítulo 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS: esta seção apresenta o fechamento da ideia deste estudo ancorada nos resultados encontrados, identifica as contribuições significativas que surgiram relacionadas ao desenvolvimento desta pesquisa e enfatiza aspectos importantes merecedores de abordagem em trabalhos futuros relacionados a este tema.

A estrutura do trabalho é complementada, ainda, por Anexos e Apêndices, conforme abaixo descritos:

- Anexo A - Taxonomia de Bloom revisada

- Anexo B - Categorias do domínio cognitivo
- Anexo C – Matriz curricular do curso de engenharia civil (IES)
- Anexo D - Competências e habilidades gerais e específicas do curso (IES)
- Anexo E - Plano de ensino da disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras”
- Apêndice I - 1ª revisão sistemática da literatura
- Apêndice II - 2ª revisão sistemática da literatura
- Apêndice III – Codificação do protótipo

2 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura existente sobre a aprendizagem baseada em jogos na educação superior fornece uma visão geral da implementação, benefícios e desafios da aprendizagem virtual e gamificada nesse campo. No entanto, para melhor entendimento do universo da pesquisa e a fim de aumentar o repertório do conhecimento, cabe abordar, também, temas aderentes como conceitos relacionados à cognição, às estratégias de ensino e aos instrumentos de aprendizagem.

2.1 Aprendizagem, Conhecimento, Habilidades e Competências – conceitos importantes

O ato de aprender pode envolver tanto a construção como a modificação de conhecimentos, ganho de habilidades, de novas perspectivas, mudanças de atitudes e de comportamentos. As pessoas têm a capacidade de desenvolver habilidades cognitivas, linguísticas, motoras e sociais, e estas se manifestam de diversas formas (SCHUNK, 1996).

A aprendizagem é um processo que se baseia e faz conexões com conhecimentos e experiências existentes. Devido à aprendizagem, as mudanças implementadas nos organismos podem ser vistas como relativamente permanentes (SCHACTER; GILBERT; WEGNER, 2009). De acordo com Kirkpatrick (1996) a aprendizagem pode ser o conhecimento adquirido, as habilidades melhoradas ou as atitudes mudadas face ao treinamento.

Com base na definição de “aprendizagem”, é inerente a conceituação de “conhecimento”, que é o resultado da assimilação de informação, fatos, princípios, teorias e práticas relacionadas a um campo de trabalho ou estudo (EUROPEAN COMMISSION IMPLEMENTING, 2006).

E a capacidade de aplicar conhecimento e usar o *know-how* para completar tarefas e resolver problemas, denomina-se “habilidade”, que pode ser classificada como “cognitiva”, envolvendo o uso de raciocínio lógico, intuitivo e criativo, ou “prática”, envolvendo o uso de métodos, materiais, ferramentas e instrumentos. (EUROPEAN COMMISSION IMPLEMENTING, 2006).

Bloom et al. (1956) também consideram que “habilidade” está intimamente ligada ao indivíduo que pode encontrar informações e técnicas apropriadas em sua experiência anterior para lidar com novos problemas e situações. Isso requer alguma análise ou compreensão da nova situação; requer um conhecimento ou métodos que possam ser facilmente utilizados; e requer alguma facilidade em discernir as relações apropriadas entre a

experiência anterior e a nova situação. Eles classificam as habilidades dentro do contexto de um processo de aprendizado, através dos seguintes níveis: observação e replicação de ações; reprodução de tarefas a partir de instruções ou memória; execução confiável independente de ajuda; adaptação / integração de competências para cumprir os requisitos; gestão automatizada e inconsciente da atividade.

Erpenbeck e Rosenstiel (2007) apud Pittich, Tenberg e Lensing (2020) consideram “competência” como sendo o uso de conhecimentos e habilidades, em determinado contexto, para realizar ações criativas e auto-organizadas em situações abertas e complexas e podem ser divididas em quatro classes, sendo elas:

- Sociocomunicativas: são exemplos a comunicação, cooperação, gestão de conflitos e liderança;
- Técnicas: são exemplos a aplicação e aquisição de conhecimentos, bem como capacidades analíticas, metódicas e de resolução de problemas;
- Pessoais: são exemplos a refletividade, adaptabilidade e desdobramento da motivação;
- De atividade e ação: exemplos são habilidades para trabalhar de forma independente, implementar planos e perseverança.

North e Hornung (2003), por sua vez, representaram a sua visão sobre competência em uma escala de maturidade, possibilitando a percepção de que “competência” é o ápice do processo de maturação do conhecimento, o qual perpassa por alguns estágios como: sinais, dados, informação, contexto e ação (Figura 1).

Figura 1 – Escala do conhecimento



Fonte: Adaptado de North e Hornung, 2003

Filatro e Cairo (2015, p. 26) entendem “[...] competência como a mobilização de determinados atributos ou capacidades – conhecimentos (dimensão do saber), habilidades

(dimensão do saber fazer) e atitudes (dimensão do querer ser ou fazer) – em comportamentos observáveis”.

Considerando que competências não se limitam a um estoque de recursos teóricos ou empíricos, mas constituem a capacidade de integrar e transferir esses recursos em situações concretas, sua maior contribuição está no valor dado à aplicação do que foi aprendido e à sua articulação com outros contextos – social, político, profissional, além do pedagógico. Quer dizer, aprende-se para a vida, para o mundo, para a sociedade, e não para a escola ou para a universidade (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 27).

Nesse sentido, a ABENGE (2020, p. 21) entende que:

Competências são formadas por conhecimento dos conteúdos, adicionados de habilidades de uso deste conhecimento e de atitudes ao fazê-lo. Na verdade, o conhecimento dos conteúdos sem saber como aplicá-lo tem pouco valor. O aspecto revolucionário do aprendizado por competências está justamente na sua capacidade de desenhar estratégias para que o estudante seja capaz de utilizar adequadamente o conteúdo.

2.2 Objetivos, ações e resultados de aprendizagem

2.2.1 Taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom – Domínio cognitivo

A Taxonomia revisada de Bloom é a estrutura mais usada para descrever objetivos de aprendizagem e direcionar o processo de ensino. As teorias de aprendizagem são usadas de forma subjacente para apoiar o desenvolvimento do processo educacional (FILATRO; CAIRO, 2015).

A definição clara e estruturada dos objetivos de aprendizagem, considerando a aquisição de conhecimento, habilidades e de competências adequados ao perfil profissional a ser formado direcionará o processo de ensino para a escolha adequada de estratégias, métodos, delimitação do conteúdo específico, instrumentos de avaliação e, conseqüentemente, para uma aprendizagem efetiva e duradoura.

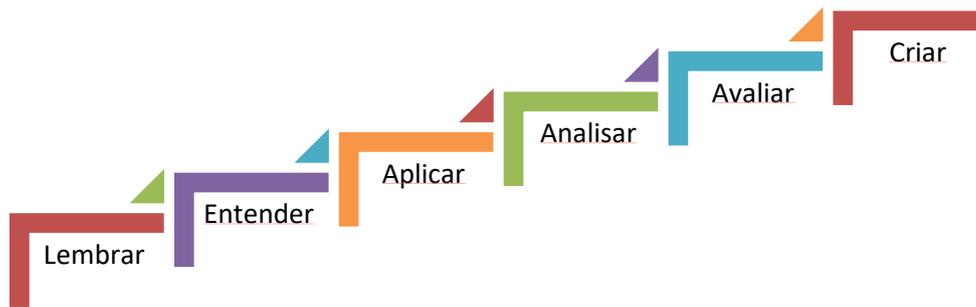
A Taxonomia dos Objetivos Educacionais é uma estrutura para classificar declarações do que se espera que os alunos aprendam como resultado da instrução (KRATHWOHL, 2002).

Nesse sentido, Bloom et al. (1956) estruturaram o processo de aprendizagem em seis níveis crescentes de complexidade do pensamento, ou complexidade cognitiva, que envolvem uma habilidade, baseado no desenvolvimento dos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor de um indivíduo; ao resultado desse trabalho denominou-se Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Bloom.

Todos os três domínios da taxonomia foram amplamente discutidos e divulgados por diferentes pesquisadores e em vários momentos, no entanto, o domínio cognitivo é o mais conhecido e utilizado nos processos de ensino e aprendizagem.

Este modelo foi posteriormente revisado por Anderson e Krathwohl (2001), conforme Figura 2. O detalhamento da taxonomia revisada encontra-se no Anexo A.

Figura 2 - Estrutura da Taxonomia de Bloom revisada (domínio cognitivo)



Fonte: Adaptado de Anderson e Krathwohl, 2001

De acordo com Tiboni e Bernardinis (2019), a base para o domínio cognitivo consiste na mera lembrança de fatos, métodos, critérios e regras. Isso permite entender e, posteriormente, no segundo nível, compreender as informações para utilizá-las em contextos diferentes. O terceiro nível cognitivo envolve aplicar esse novo conhecimento em situações ainda não vivenciadas pelo estudante, por meio de ideias ou procedimentos. Após a conclusão dessas etapas, o indivíduo é capaz de identificar as inter-relações das informações recebidas, por meio de uma análise, e combiná-las para formar um todo, estabelecendo uma avaliação do conhecimento adquirido. Por fim, o mais alto nível desse processo cognitivo envolve criar uma solução, estrutura ou modelo.

Em síntese, a taxonomia de Bloom do domínio cognitivo é estruturada em níveis de complexidade crescente – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior, ou seja, somente após conhecer um determinado assunto alguém poderá compreendê-lo e aplicá-lo.

No entanto, a taxonomia não é apenas um esquema para classificação, mas uma possibilidade de organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado. Para cada nível da taxonomia de Bloom (categoria cognitiva), hierarquicamente definidos, pode-se extrair

verbos indicadores de processos cognitivos (ações), os quais servem de guia para redigir competências e habilidades.

Anderson e Krathwohl (2001) identificam 19 (dezenove) processos cognitivos específicos que esclarecem ainda mais os limites das seis categorias. Essas “palavras de ação” descrevem os processos cognitivos pelos quais os pensadores encontram e trabalham com o conhecimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Dimensão do Processo Cognitivo – categorias e processos cognitivos

habilidade de raciocínio de ordem inferior			habilidade de raciocínio de ordem superior		
Lembrar	Entender	Aplicar	Analizar	Avaliar	Criar
Reconhecer (identificar)	interpretar (esclarecer, parafrasear, representar, traduzir)	executar (fazer)	diferenciar (discriminar, distinguir, focar, relacionar)	checar (coordenar, detectar, monitorar, testar)	elaborar (hipotetizar)
Lembrar (recuperar)	exemplificar (ilustrar, representar)	implementar (usar)	organizar (achar coerência, integrar, traçar, analisar, estruturar)	criticar (julgar)	planejar (projetar)
	classificar (categorizar, agrupar)		atribuir (desconstruir)		produzir (construir)
	resumir (sintetizar, generalizar)				
	inferir (concluir, extrapolar, interpolar, prever)				
	comparar (contrastar, mapear, relacionar)				
	explicar (construir modelos)				

Fonte: Adaptado de Anderson e Krathwohl (2001)

Almerico e Baker (2004) e *Illinois Central College* (2011) seguindo na mesma orientação, dizem que para se atingir os 6 níveis da taxonomia de Bloom (objetivos de aprendizagem), são necessárias determinadas ações (Tabela 2).

Tabela 2 – Ações de aprendizagem

Objetivos	Ações de aprendizagem
Lembrar	Definir, Descrever, Desenhar, Encontrar, Identificar, Imitar, Rotular, Listar, Localizar, Corresponder, Memorizar, Observar, Ler, Recuperar, Recitar, Reconhecer, Relacionar, Reproduzir, Selecionar, Estado, Escrever, Informar
Entender	Comparar, Converter, Demonstrar, Descrever, Discutir, Distinguir, Explorar, Explorar, Encontrar mais informações sobre, Generalizar, Interpretar, Objetar, Estrutura de tópicos, Parafrasear, Prever, Colocar em próprias palavras, Relacionar, Reestabelecer, Resumir, Traduzir, Visualizar
Aplicar	Aplicar, Calcular, Alterar, Escolher, Classificar, Concluir, Construir, Examinar, Experimentar, Ilustrar, Interpretar, Fazer, Manipular, Modificar, Executar ação / tarefa, Produzir, Colocar em prática, Montar, Mostrar, Resolver, Traduzir , Usar
Analisar	Anuncie, Analise, Categorize, Compare, Contraste, Deduza, Diferencie, Descubra, Distinga, Examine, Explique, Identifique, Investigue, Separe, Subdivide, Desmonte
Avaliar	Argumentar, Avaliar, Escolher, Crítica, Debater, Decidir, Defender, Determinar, Discutir, Estimar, Avaliar, Julgar, Justificar, Priorizar, Classificar, Recomendar, Revisar, Selecionar, Valor, Verificar, Pesquisar
Criar	Adicionar a, Modelo de construção, Combinar, Compor, Construir, Criar, Projeto, Conceber, Previsão, Objetivo do formulário, Formular hipóteses, Imagine, Inventar, Originar, Planejar, Predizer, Propor

Fonte: Adaptado de Almerico e Baker (2004) e *Illinois Central College* (2011)

Essas ações abordam o conhecimento e as habilidades aprendidas em todos os níveis e, por isso, foi adicionado uma segunda dimensão à taxonomia, a dimensão do conhecimento, composta de conhecimento factual, conceitual, procedimental e metacognitivo (ANDERSON E KRATHWOHL, 2001) (ANEXO B).

Ainda segundo Almerico e Baker (2004) e *Illinois Central College* (2011), a execução das ações de aprendizagem resultarão em processos e resultados de aprendizagem (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados de aprendizagem

Objetivos	Resultados de aprendizagem
Lembrar	O aluno pode memorizar e relembrar informações
Entender	O aluno pode compreender, explicar e prever.
Aplicar	O aluno pode usar informações e resolver problemas

Objetivos	Resultados de aprendizagem
Analisar	O aluno pode analisar padrões de dados ou conceitos e as descobertas podem ser discernidas com base em evidências anteriores
Avaliar	O aluno pode comparar e fazer julgamentos justificáveis sobre o valor das ideias, metodologias ou produtos
Criar	O aluno pode projetar, construir, inventar, planejar ou produzir conhecimento original e transferi-lo para novos contextos para fazer uma contribuição para a sociedade

Fonte: Adaptado de Almerico e Baker (2004) e *Illinois Central College* (2011)

Vale ressaltar que as ações de aprendizagem são as ações que o aluno realiza e, para isso, é necessário o uso de ferramentas, que são os instrumentos que suportam uma ou mais ações. Sob essa perspectiva, Almerico e Baker (2004) acrescentam ferramentas de aprendizagem ao processo de ensino (Tabela 4).

Tabela 4 - Ferramentas de aprendizagem

Categoria	Elementos
Dramatização	Dramas, interpretações
Informação gráfica	Arte, Desenhos animados, diagramas, monitores, informação gráfica, ilustrações
Interação	Julgamentos, debates, manifestações, experiências, discussões em grupo, questionários, simulador, especulações, pesquisas, testes
Multimídia	Animação, filmes, apresentações de mídia, gravações, músicas, discurso, programas de televisão, vídeos
Solução de problemas	Desafio, Problemas, Quebra-cabeças
Informação textual	Analogias, argumentos, quadros de avisos, classificações, conclusões, definições, editoriais, previsões, informações, artigos de revistas, modelos, jornais, organizações, esboços, poemas, cartazes, recomendações, relatórios, rotinas, regras, normas, história, diário do aluno, resumos, lista de tarefas / tarefas, livros didáticos, textos, dicas
De outros	Criações, eventos, invenções, esculturas, autoavaliações, sistemas, valores

Fonte: Adaptado de Almerico e Baker (2004)

Os processos categorizados pela taxonomia de Bloom, além de representarem resultados de aprendizagem esperados, são cumulativos, o que caracteriza uma relação de dependência entre os níveis e são organizados em termos de complexidades dos processos mentais.

Entretanto, ao direcionar seus estudos, Bloom e sua equipe fizeram uma descoberta que viria a ser de grande notoriedade no meio educacional: nas mesmas condições de ensino (desconsiderando as variáveis externas ao ambiente educacional) todos os alunos aprendiam, mas se diferenciavam em relação ao nível de profundidade e abstração do conhecimento adquirido (BLOOM; HASTINGS; MADAUS, 1971).

Essa diferença poderia ser caracterizada pelas estratégias utilizadas (que levariam ao estudo de estilos de ensino e aprendizagem) e pela organização dos processos de aprendizagem para estimular o desenvolvimento cognitivo. Naquele momento, o desenvolvimento cognitivo e sua relação com a definição do objetivo do processo de aprendizagem determinaram a direção tomada para a definição da taxonomia.

Segundo Conklin (2005), a taxonomia de Bloom e sua classificação hierárquica dos objetivos de aprendizagem têm sido uma das maiores contribuições acadêmicas para educadores que, conscientemente, procuram meios de estimular nos seus discentes, raciocínio e abstrações de alto nível, sem distanciar-se dos objetivos instrucionais previamente propostos.

A Taxonomia trouxe a possibilidade de padronização da linguagem no meio acadêmico e, com isso, também novas discussões ao redor dos assuntos relacionados à definição de objetivos instrucionais. Neste contexto, os instrumentos de aprendizagem podem ser trabalhados de forma mais integrada e estruturada, inclusive considerando os avanços tecnológicos que promovem novas e diferentes ferramentas para facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Krathwohl (2002), a estrutura dos processos cognitivos funciona não só para classificar objetivos de desenvolvimento cognitivo, mas para direcionar atividades, avaliações e escolha de estratégias.

Muitos educadores se apoiam nos pressupostos teóricos do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom para definirem os seus planejamentos educacionais, objetivos, estratégias e sistemas de avaliação (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Assim sendo, pode se afirmar que a condução do processo de desenvolvimento cognitivo deve seguir uma estrutura hierárquica para que, no momento oportuno, os discentes sejam capazes de aplicar e transferir, de forma multidisciplinar, um conhecimento adquirido.

Entretanto, para que isso aconteça, o planejamento é essencial e precisa ser estruturado de forma coerente, seja em torno de objetivos bem definidos, da delimitação dos conteúdos, da escolha das estratégias e instrumentos de avaliação, ou seja, para “medir” o que

foi aprendido e direcionar, de forma corretiva e formativa, todo processo educacional, tal como se propõe os artefatos de apoio à aprendizagem.

Dadas as suas características educacionais únicas e a relação com as habilidades cognitivas, a Taxonomia de Bloom pode ser aplicada em qualquer disciplina. Vários estudos tentaram integrar e aplicar a Taxonomia de Bloom ao projeto curricular para aprimorar cursos de engenharia ou avaliar a aprendizagem dos alunos (FIEGEL, 2013; THAMBYAH, 2011).

Em muitos casos, a Taxonomia de Bloom é aplicada ao desenvolvimento de resultados de aprendizagem de curso. A Iniciativa *CDIO*⁷, por exemplo, que é implementada por mais de 100 escolas de engenharia em todo o mundo com o objetivo de melhorar a educação em engenharia e mantê-la em consonância com as demandas industriais, implementa e recomenda a Taxonomia da Bloom para o desenvolvimento de resultados curriculares e de aprendizagem (CDIO, 2021).

2.3 Teorias de aprendizagem

A combinação da Taxonomia de Bloom com as teorias de aprendizagem resulta na definição dos objetivos, ações e ferramentas a serem utilizadas no processo de ensino e aprendizagem (ANDERSON et al., 2001)

Dentre as teorias de aprendizagem consagradas, o construtivismo e a teoria da aprendizagem experiencial se destacam na abordagem de ensino por meio de jogos. Os principais conceitos dessas teorias estão baseados em obras de Piaget, Vygotsky e Dewey. A ideia básica é que a resolução de problemas está no cerne da aprendizagem, do pensamento e do desenvolvimento.

2.3.1 Teoria da aprendizagem construtivista

A teoria da Aprendizagem Construtivista procura estudar como o indivíduo constrói suas estruturas cognitivas e quais os processos de pensamento presentes no homem desde sua infância até a fase adulta (ALBALADEJO, 2016).

A origem do construtivismo remonta de Piaget, Vygotsky e Dewey, em que Piaget contribuiu com a ideia de transformação na aprendizagem e no desenvolvimento (PIAGET, 1971); Vygotsky contribuiu com a ideia de que a aprendizagem e o desenvolvimento estavam integralmente ligados às interações comunicativas com os outros e que o homem é o único animal que usa ferramentas para alterar seu próprio mundo interior, bem como o mundo ao

⁷ A *Worldwide CDIO Initiative* é uma organização aberta a universidades de todo o mundo por meio de indivíduos empregados ou afiliados à instituição. A Iniciativa *CDIO* oferece uma estrutura de educação aos alunos enfatizando os fundamentos da engenharia definidos no contexto de Conceber - Projetar - Implementar - Operar sistemas e produtos do mundo real (CDIO, 2021).

seu redor (COLE et al., 1978). ; e Dewey contribuiu com a visão de que as escolas deveriam trazer os problemas do mundo real para o currículo escolar (DEWEY; DEWEY, 2020). Essas teorias deram início ao desenvolvimento dos principais conceitos da aprendizagem construtivista, significativa e experiencial.

A epistemologia construtivista é usada para explicar como as pessoas sabem o que sabem. A ideia básica é que a resolução de problemas está no cerne da aprendizagem, do pensamento e do desenvolvimento. À medida que as pessoas resolvem problemas e descobrem as consequências de suas ações - refletindo sobre experiências passadas e imediatas - elas constroem seu próprio entendimento. A aprendizagem é, portanto, um processo ativo que requer uma mudança no aluno. Isso é alcançado por meio das atividades em que o aluno se envolve, incluindo as consequências dessas atividades, e por meio da reflexão. Em síntese, “as pessoas só entendem profundamente o que construíram”. (*STATE UNIVERSITY, 2021*).

As principais características da aprendizagem construtivista incluem:

- os alunos estão ativamente envolvidos em seu aprendizado;
- as atividades são contextuais, envolventes e centradas no aluno;
- o ambiente de aprendizagem é democrático e não autoritário;
- o professor atua como um facilitador da descoberta e experiência de

aprendizado e um guia para as reflexões dos alunos.

Uma vez que os alunos são capazes de construir seu aprendizado, eles podem adquirir um senso de autoeficácia. A autoeficácia é a crença de que se é capaz de realizar qualquer tarefa. Essa confiança e motivação levam o aluno a uma maior realização (YUSSOF, 2010). Bandura (1994) afirmou que um indivíduo pode construir essa autoeficácia com base no domínio em sua habilidade, apoiado pela própria experiência e pela observação dos outros.

Von Glaserfeld (1984) escreveu que os alunos constroem a compreensão. Eles não simplesmente espelham e refletem o que lhes é dito ou o que eles leem. Os alunos buscam significado e tentarão encontrar regularidade e ordem nos eventos, mesmo na ausência de informações completas. O construtivismo enfatiza a construção do conhecimento.

Os construtivistas acreditam, inclusive, que o conhecimento prévio impacta o processo de aprendizagem. Ao tentar resolver novos problemas, as semelhanças perceptivas ou conceituais entre o conhecimento existente e um novo problema podem lembrar às pessoas o que já sabem. Frequentemente, essa é a primeira abordagem para resolver problemas novos. As informações não relacionadas com as experiências anteriores do aluno serão rapidamente esquecidas. Em suma, o aluno deve construir ativamente novas informações em

sua estrutura mental existente para que ocorra uma aprendizagem significativa (STATE UNIVERSITY, 2021).

2.3.2 Teoria da aprendizagem significativa

Pertencente, também, ao grupo de teorias de aprendizagem cognitivas, a aprendizagem significativa é ancorada a preceitos similares do construtivismo, admitindo que os novos conhecimentos que se constroem se relacionam com os conhecimentos prévios que os alunos já possuem. Em outras palavras, “a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se relaciona com várias outras informações já presentes na estrutura cognitiva. Assim, para ensinar adequadamente, é preciso descobrir o que o aluno já sabe” (ALBALADEJO, 2016, p. 16)

Os primeiros estudos sobre a teoria da aprendizagem significativa foram realizados por David Ausubel, resultando na publicação intitulada *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Segundo Silva (2020), Ausubel acredita que a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

A ocorrência da aprendizagem significativa implica que o conhecimento pode ser construído de modo a conectá-lo com novos conceitos facilitando a compreensão das novas informações, o que dá significado real ao conhecimento adquirido. As ideias novas só podem ser aprendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis, que proporcionam as âncoras conceituais (SILVA, 2020).

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel define estruturas cognitivas como estruturas hierárquicas de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo. A ocorrência da aprendizagem significativa implica o crescimento e modificação do conceito subsunçor. A partir de um conceito geral (já incorporado pelo aluno) o conhecimento pode ser construído de modo a ligá-lo com novos conceitos facilitando a compreensão das novas informações, o que dá significado real ao conhecimento adquirido. As ideias novas só podem ser aprendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis, que proporcionam as âncoras conceituais (SILVA, 2020).

Ao final da década de 1970, com a contribuição de Joseph Novak, a teoria da aprendizagem significativa foi refinada de modo a modificar o foco do ensino do modelo

“estímulo→ resposta→ reforço positivo” para o modelo “aprendizagem significativa→ mudança conceitual→ construtivismo” (SILVA, 2019).

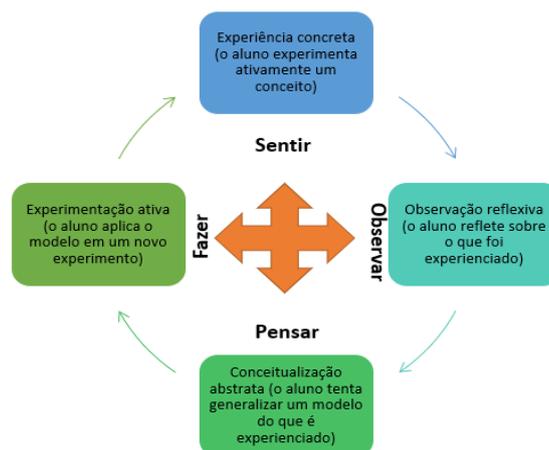
2.3.3 Teoria da aprendizagem experiencial (Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb)

Segundo Kolb (1984), o conhecimento resulta da interação entre teoria e experiência. A aprendizagem é o processo pelo qual o conhecimento é criado por meio da transformação da experiência (DUNLAP; DOBROVOLNY, YOUNG, 2008). Este encontro experiencial direto com um evento de aprendizagem requer o engajamento ativo do aluno em oposição ao engajamento passivo comumente associado à instrução dirigida pelo professor (CLARK; THREEETON; EWING, 2010).

A teoria da aprendizagem experiencial é, originalmente, definida como um processo que envolve os alunos num ciclo iterativo baseado na reflexão, geração de teoria e aplicação do conhecimento (experimentação), resultante da exposição à experiência concreta (KOLB, 1984).

O modelo de aprendizagem experiencial de Kolb compreende 4 etapas: experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa. Estes são representados como um ciclo recursivo (Figura 3), onde um "aluno 'toca todas as bases' - experimentando, refletindo, pensando e agindo - em um processo que é sensível à situação de aprendizagem e ao que está sendo aprendido" (Kolb e Kolb; KOLB, 2013 , p. 1216).

Figura 3 – Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb



Fonte: Adaptado de Kolb, 1985

A experiência concreta é definida como “fornecer uma exposição de primeira mão ao assunto. [...] envolvimento pessoal e direto em atividades (que) despertam reações iniciais, impressões intuitivas e respostas afetivas” (ENNS, 1993, p. 9). Posteriormente, durante a

observação reflexiva, os alunos extraem significado de sua experiência por meio da observação e interpretação dos eventos. Durante a conceituação abstrata, os alunos formam teorias com base em sua interpretação de eventos observados e nas relações percebidas entre eles. Eles podem vinculá-los a ideias existentes ou formar novas a partir de suas observações. No estágio final da experimentação ativa, os alunos testam suas teorias emergentes, muitas vezes em diferentes contextos e cenários. Esta etapa serve como um "guia na criação de novas experiências" (KOLB; BOYATZIS; MAINEMELIS, 2001, p. 228), e pode servir de base para confirmar ou modificar entendimentos teóricos emergentes.

Esses quatro estágios não apenas permitem que os alunos investiguem de forma abrangente um tópico por meio de diferentes atividades e visões, mas também permitem a acomodação de diferentes estilos de aprendizagem. De acordo com Kolb (1984), esses estilos de aprendizagem são produto de dois pares de variáveis, “fazer x observar” e “pensar x sentir”. Cada estágio do ciclo experiencial de Kolb pode ser mapeado para essas variáveis. Cada indivíduo tem um estilo de aprendizagem preferido, mas todos respondem e precisam do estímulo de todos os tipos de estilos de aprendizagem de uma forma ou de outra (SMITH; KOLB, 1986).

Sinicki e Dixon (1987) recomendam o ciclo de aprendizagem experiencial de Kolb como uma estrutura para projetar atividades em sala de aula e também fornecem exemplos de atividades instrucionais que podem apoiar diferentes estágios em uma variedade de campos. Stice (1987) também lista exemplos de estratégias de aprendizagem ativa que incorporam todos os quatro estágios do ciclo de aprendizagem experiencial de Kolb para melhorar o processo de aprendizagem para alunos de engenharia química. Preocupado com o problema de resultados de aprendizagem ruins em laboratórios de engenharia, Abdulwahed e Nagy (2009) usam a teoria de Kolb para aplicar uma combinação de sessões remotas em sala de aula, pré-laboratório virtual e práticas de laboratório.

O ciclo de aprendizagem experiencial de Kolb tem semelhanças com outras abordagens de aprendizagem ativa, no entanto, a sua principal diferença é que Kolb considera a experiência como a base do aprendizado.

O trabalho de Kolb é provavelmente o “modelo mais citado e influente academicamente” (MORRIS, 2019) e foi aplicado com sucesso em vários campos de pesquisa como nas áreas de negócios, engenharia, medicina, dentre outros, incluindo o campo da realidade virtual (LI et al., 2018).

2.4 Metodologias ativas de ensino e aprendizagem

As práticas educativas surgiram paralelamente ao desenvolvimento das civilizações e foram consolidadas a partir da necessidade de transmissão de informações entre os indivíduos de uma mesma comunidade. Inicialmente, essas práticas estavam baseadas no acúmulo, armazenamento e reprodução dos conhecimentos (transmissão passiva), de forma que pouca ou nenhuma ênfase era dada ao aprendiz em si, à sua inteligência, à sua capacidade de análise e criação (TIBONI; BERNARDINIS, 2019).

Entretanto, quer seja pelo novo contexto do mercado de trabalho, pelo advento da Indústria 4.0 (4ª Revolução Industrial), onde são demandados profissionais com conhecimentos de TDICs, habilidade de trabalhar com dados, conhecimento técnico e habilidades pessoais, que incluem capacidade de tomar decisão, trabalhar em equipe, adaptar-se a mudanças e comprometer-se com o aprendizado constante ao longo da vida (AULBUR; CJ; BIGGHE, 2016) ou, ainda, pelas características das novas gerações de nativos digitais, o fato é que está ocorrendo uma transformação nos métodos de ensino e aprendizagem nas universidades de um modo geral, com o objetivo, dentre outros, de melhorar a retenção do conhecimento, adotando-se, para tanto, a abordagem de ensino centrada no aluno, a partir de teorias de aprendizagem cognitivas e devendo este ser o principal agente e responsável pelo processo de aprendizagem.

Dale (1969) estudou o grau de envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem e concluiu que a vivência de experiências em uma situação real pode resultar em uma retenção do conhecimento de até 90%. Por outro lado, uma atividade passiva, como leitura, pode favorecer a uma retenção de, apenas, 10% (Figura 8).

Figura 4: Cone de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Dale, 1969

Neste sentido, para sair da posição de passivo e passar a ser ativo na construção do conhecimento, o sujeito deve possuir uma curiosidade criativa, de modo a sempre questionar as verdades estabelecidas, assumindo, com a construção de uma consciência crítica, que a realidade é mutável e que o conhecimento está em constante evolução (FREIRE, 2006).

Segundo Silva, Aragão e Júnior (2019), as metodologias ativas, diferentemente da tradicional, possuem como foco o aprendizado, onde o aluno deixa de ser apenas ouvinte e passa a ser o sujeito central do processo, agindo de maneira a construir o conhecimento junto com o professor, capaz de realizar escolhas e de participar dos processos de tomada de decisão. O docente, por sua vez, atua como intermediador/condutor do processo e não mais como detentor absoluto do conhecimento (MORAN, 2015).

Segundo Rodrigues, Moura e Testa (2011, p. 4), “o professor, agora, tem o papel de coordenar as atividades, perceber como cada aluno se desenvolve e propor situações de aprendizagens significativas”. Esse modo é defendido por Freire (2013) ao considerar que na andragogia⁸, a aprendizagem é impulsionada pela superação de desafios, com a resolução de problemas e com a construção de conhecimentos novos, a partir de conceitos e experiências anteriores.

E, de acordo com Diesel, Baldez e Martins (2017), a maior interação do aluno no processo de construção do conhecimento acontece porque o aprendiz passa a ter mais controle de sua participação em sala de aula, pois se exige dele ações e construções variadas, tais como: leitura, pesquisa, obtenção e organização dos dados, elaboração e confirmação de hipóteses, classificação, interpretação, construção de sínteses e aplicação de fatos e princípios a novas situações, planejamento de projetos e pesquisas, análise e tomada de decisões.

Sabendo disso, Abaladejo (2016) diz que a partir do conhecimento das características de aprendizagem dos adultos, pode-se escolher as melhores técnicas, metodologias e estratégias de ensino (Quadro 3).

Quadro 1 – Características de aprendizagem dos adultos

Características de aprendizagem	Andragogia
Relação Professor / Aluno	A aprendizagem adquire uma característica mais centrada no aluno, na independência e na autogestão do resultado
Razões da aprendizagem	Os adultos aprendem o que realmente precisam saber (aprendizagem para aplicação na vida diária)

⁸ Andragogia é a arte ou ciência de orientar adultos a aprender (ALBALADEJO, 2016) em contraposição à pedagogia, que se refere à aprendizagem de crianças.

Características de aprendizagem	Andragogia
Experiência do aluno	A experiência é rica fonte de aprendizagem, através da discussão e da solução de problemas em grupo
Orientação da aprendizagem	Aprendizagem baseada em problemas, exigindo ampla gama de conhecimentos para se chegar à solução

Fonte: Adaptado de Albaladejo, 2016

A partir desse entendimento, várias abordagens de ensino podem ser escolhidas para se trabalhar com adultos, sendo o “Construtivismo” e a “Aprendizagem Significativa” merecedores de grande destaque nas metodologias ativas de aprendizagem, bem como a teoria da “Aprendizagem Experiencial”, utilizadas atualmente na andragogia.

Para aplicar a aprendizagem ativa, a partir da identificação dos objetivos de aprendizagem, diferentes técnicas podem ser usadas, tais como: aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem entre pares, estudos de caso, aprendizagem cooperativa, [...], por meio do uso de salas invertidas, simulações e da gamificação, dentre outros, como facilitadores do processo de aprendizagem (LUCKE; DUNN; CHRISTIE, 2017; LAGE; PLATT; TREGLIA, 2000; BARNA; FODOR, 2017).

A aprendizagem ativa é um dos ingredientes-chave da aprendizagem que tem sido testada e imposta aos alunos da escola (YUSSOF, 2010). De acordo com Gee (2008), a aprendizagem ativa é onde o aluno está envolvido em uma investigação real, busca a resposta por conta própria, e está mais disposto a assumir novas identidades, como se tornar pensadores científicos.

Vale salientar que metodologias ativas de aprendizagem tem como objetivos não somente aprimorar a aquisição de competências específicas exigidas dos alunos em cada disciplina, mas também, incentivar o desenvolvimento de competências genéricas como comunicação, trabalho em equipe, liderança e assim por diante, além de aumentarem a motivação e a satisfação dos alunos (SILVA; ARAGÃO JÚNIOR, 2019)

2.5 Games-based learning

O jogo é um elemento existente em nossa cultura antes mesmo da existência da própria cultura, acompanhando-a desde as mais distantes origens até a fase de civilização em que agora nos encontramos (HUIZINGA, 1971).

Os jogos têm sido uma fonte de diversão por vários séculos e continuarão sendo assim no futuro (SAILER et al., 2017). Os jogos despertam diversas emoções positivas nos seres humanos, tais como sentir-se focado, engajado e realizado (DIAS, 2017). As pessoas se tornam mais comprometidas e produtivas durante os jogos (BUCKLEY; DOYLE, 2017),

porque, dentre outros fatores, eles têm o potencial de motivar os indivíduos (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002; GEE, 2008; RYAN, RIGBY; PRZYBYLSKI, 2006; SAILER et al. 2017).

Os *Games-based learning* (GBL) são formas estruturadas de brincar, desenhadas com o propósito de facilitar a aprendizagem, a aquisição de conhecimentos, habilidades, valores, crenças ou hábitos. Eles podem ajudar o usuário a compreender certos assuntos ou conceitos, apoiá-lo a aprender ou melhorar habilidades, envolvendo as suas próprias ações (GREDLER, 2004).

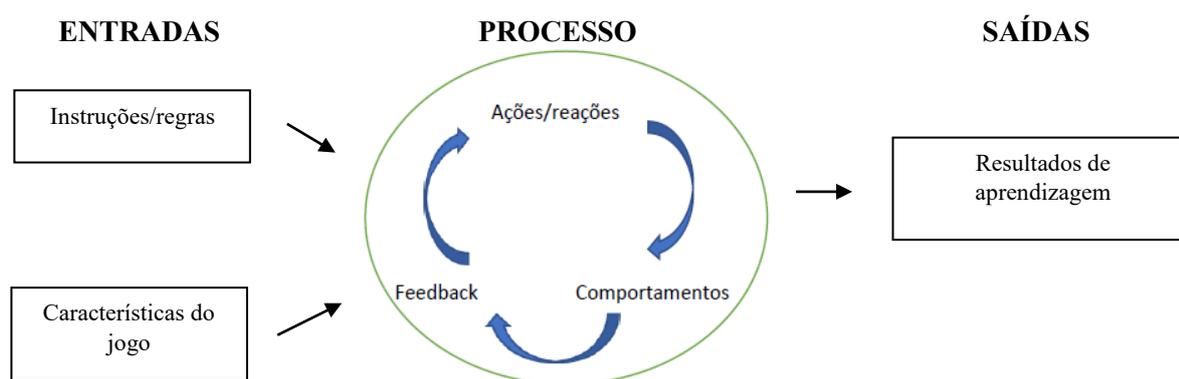
O uso de elementos de jogos com um propósito sério pode ser classificado em “Gamificação” como uma abordagem e “*Serious Games*” como artefatos que trazem benefícios ao processo de ensino e aprendizagem, tais como, segundo Subhash e Cudney (2018), captar atenção do usuário, motivá-lo para atingir objetivos, além de promover a concorrência.

Lee e Hammer (2011) apontam a vantagem de que os jogos, normalmente, permitem que os jogadores reiniciem o processo ou joguem novamente, tornando os erros recuperáveis. Esta liberdade de falha permite aos usuários viverem a experiência sem medo e, ainda, aumenta o engajamento dos alunos.

Garris, Ahlers e Driskell (2002) desenvolvem um modelo para mostrar como um jogo suporta os resultados da aprendizagem (Figura 9). Um jogo precisa ser projetado para que os jogadores sejam estimulados a repetir o processo de jogo, e durante este ciclo de iteração os jogadores são envolvidos para adquirir o conhecimento e habilidades alvo. Esta estrutura enfatiza três fases principais, são elas:

- Fase 1: são incorporados os atributos instrucionais e as características do jogo como insumos para o modelo de aprendizado;
- Fase 2: os recursos de entrada devem ser capazes de fazer uma reação em jogadores como engajamento ou diversão, alterando o comportamento dos usuários de forma a provocar, por exemplo, a concentração em determinada tarefa. Nesta fase, os usuários recebem o *feedback* imediato com base em suas performances;
- Fase 3: o resultado da aprendizagem acontece.

Figura 5 – Modelo de aprendizagem baseada em jogos



Fonte: Adaptado de Garris, Ahlers e Driskell, 2002

2.5.1 Gamificação

Gamificação é o uso de elementos de design de jogos em situações que não são jogos e pode ser aplicada em vários contextos para influenciar os comportamentos dos indivíduos e tem sido usada com sucesso na área de marketing para influenciar o comportamento do consumidor (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011). O principal objetivo da gamificação é aumentar o engajamento (KAPP, 2012). Por esse motivo, a gamificação tem sido aplicada em contextos educacionais (DE-MARCOS; GARCIA-LOPEZ; GARCIA-CABOT, 2017; HAMARI; KOIVISTO; SARSA, 2014). É importante observar que, apesar de usual, os jogos reais não precisam necessariamente ser usados ao usar a gamificação; em vez disso, os elementos de design de jogos podem ser aplicados em vários contextos, como educação, negócios, estratégia, dentre outros.

A gamificação educacional propõe o uso de sistemas de regras semelhantes a jogos, experiências de jogadores e papéis culturais para moldar o comportamento dos alunos (SU; CHENG, 2013). A gamificação tem alguns elementos como a superioridade de reforços positivos, pequenas tarefas, passo a passo, *feedback* imediato e desafios progressivos (BIRO, 2014).

Vale ressaltar que um forte aspecto da gamificação é o uso intencional de elementos de jogos para cumprir os objetivos de aprendizado pois o uso de jogos como instrumento de ensino tem efeito positivo no envolvimento dos alunos (WIGGINS, 2016).

No entanto, os estudos científicos investigam cada vez mais o uso de diferentes fundamentos teóricos, como motivação, comportamento e teorias de aprendizagem para explicar o efeito de certos elementos de gamificação (NACKE; DETERDING, 2017).

2.5.2 *Serious games (SG)*

Historicamente, um problema na indústria de jogos tem sido a falta de desenvolvimento de hardware (poder de processamento, renderização gráfica e desenvolvimento de interface) que permite configurações e gráficos, interações de ferramentas e tarefas para criar efetivamente jogos educacionais realistas, além de uma situação de simulação. Muitas dessas limitações mudaram durante a década de 2000, quando o poder de processamento individual atingiu um nível suficiente para possibilitar a renderização tridimensional (3D) dos ambientes.

Aumentar o realismo e os recursos interativos associados permitiram que grupos como o Exército dos Estados Unidos lançassem um jogo intitulado Exército da América em 2002 para fins de recrutamento e marketing. Para descrever esses novos gêneros de jogos, Zyda (2005) cunhou o termo *Serious Games* Computadorizados. O lançamento do *serious games* do Exército, em conjunto com a introdução da iniciativa de *serious games* do *Woodrow Wilson Center*, criou o ímpeto no setor educacional para desenvolver jogos de computador para algo mais do que apenas entretenimento. Essas ações decididamente colocaram o termo “*Serious Games*” na vanguarda das discussões sobre tecnologia educacional (APPERLEY, 2006).

Em 2004, Annetta colaborou com outros pesquisadores-educadores para adicionar os aspectos pedagógicos e de aprendizado aos *SG* na sua definição generalizada, transformando-os em *Serious Games* Educacionais (ANNETTA; SHYMANSKY, 2006).

Lamb (2013), posteriormente, desenvolveu modelos de avaliação para integração aos jogos educativos, aumentando sua usabilidade como ferramentas de sala de aula. Essa vertente do jogo educacional ou da aprendizagem baseada em jogos lida com uma abordagem muito específica na qual se define os resultados da aprendizagem como uma função do conteúdo, mudança cognitiva e/ou crescimento baseado em habilidades e não apenas trabalhar habilidades isoladamente (BREUER; BENTE, 2010).

À margem da tecnologia educacional, o termo e as concepções do que é um jogo educacional sério tem amadurecido e se tornado mais específico (ANNETTA, 2010).

Serious games, como se entende atualmente, são definidos como jogos com um propósito educacional explícito e cuidadosamente pensado e não se destinam a ser jogados principalmente para diversão; embora possam ser lúdicos, são projetados especificamente para tirar proveito da natureza envolvente dos jogos, através da ponte entre os sistemas de cognição e de recompensa psicológica. Isso ocorre através da estimulação das áreas do cérebro associadas à atenção e excitação (SUBHASH; CUDNEY, 2018).

Os *SGs* são artefatos mais complexos, pois seu *design* envolve não apenas uma história (narrativa), arte e *software*. Os *SGs* precisam abranger estratégias pedagógicas rigorosas que englobem as teorias de aprendizagem, as abordagens de ensino e aprendizagem, a avaliação e o *feedback* (CORNILLIE; CLAREBOUT; DESMET, 2012; ORVIS; HORN; BELANICH, 2008; SAWYER, 2007). Essas adições os diferenciam dos demais jogos e os tornam um jogo apropriado para fins educacionais (YUSOFF et al., 2010).

Os *SGs* no ensino superior são utilizados para a aquisição de conhecimentos e habilidades aplicadas a uma determinada disciplina, módulo ou conteúdo específico. As características interativas, participativas e envolventes dos jogos (DEL-BLANCO et al., 2012) e sua orientação de resolução de problemas (DE FREITAS, 2006) levam à suposição de que os jogos podem ser usados para melhorar a aprendizagem e o ensino.

Os *SGs* são uma forma específica de jogo e podem ser desenvolvidos em ambientes tridimensionais virtuais imersivos usados para fins educacionais que incluem uma abordagem pedagógica direcionada. Essas representações complexas do mundo permitem que o aluno interaja, inclusive, com ambientes perigosos ou insustentáveis (DONDLINGER, 2007). O aluno é exposto a representações complexas, muitas vezes exigindo o conhecimento de conteúdo específico e a progressão da aprendizagem a fim de avançar o jogo em direção ao objetivo. Os domínios diferem devido às características e concepções específicas de como o aluno interage dentro do ambiente virtual imersivo (BERNARD et al., 2009).

Os *SGs* permitem estabelecer um nível de jogo vinculado a um sistema projetado em torno de usos específicos de habilidades e como aplicá-las para resolver problemas.

Os *SG's* são usados, também, para aumentar a motivação dos alunos e são constituídos de um ambiente simulado, onde o jogador é o interveniente principal. Pretende-se que este execute tarefas, processos e tire conclusões, de forma a aumentar a sua produtividade e os seus conhecimentos (SUBHASH e CUDNEY, 2018)

Nesse contexto, tem-se, ainda, que as informações e as sensações experienciadas através desses tipos de jogos permitem ao jogador redefinir a sua percepção, concentração e atenção a fim de facilitar mudanças no comportamento por meio da aprendizagem prática.

Um estudo realizado por Connolly et al. (2012) apontou melhor aquisição de conhecimento, domínio de conteúdo e motivação como os resultados mais comuns decorrentes do uso dos *serious games* para a aprendizagem.

Sob este aspecto, os *serious games* incorporam abordagens pedagógicas específicas, a fim de não apenas treinar tarefas, mas sobretudo, ensinar conteúdo (ANNETTA, 2010) e são declarados para oferecer os seguintes indicadores de desempenho: regra e

objetivo, estímulos sensoriais, controle, desafio e interatividade (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2010).

2.5.2.1 Atributos dos *serious games*

Atributos dos *serious games* significam aspectos de um jogo que apoiam o aprendizado e o engajamento e são baseados na exploração de teorias cognitivas de aprendizagem. Os principais objetivos são apoiar a atividade dentro do jogo, ou seja, incentivar o uso da aprendizagem ativa e do pensamento crítico. Os atributos fornecem diretrizes de *design* para o desenvolvimento de atividades de aprendizagem dentro do jogo (YUSSOF, 2010).

Rouse (2005, p. 310) aborda atributos de jogos sob uma perspectiva geral de *design* de usuário/jogo em termos de "investigar o que o jogador está fazendo no jogo, como ele é feito e como isso leva a uma memorável e convincente [aprendizagem] e experiência de jogo". Fabricatore (2007, p. 6) dá uma abstração baseada em computação ao nível de entradas e saídas e jogabilidade: "[...] ferramentas adequadas para o jogo, subsistemas interativos baseados em regras atômicas capazes de receber uma entrada e reagir recebendo uma saída". Partindo dessas definições, percebe-se que um jogo reúne vários atributos, e um atributo pode fazer parte de muitos jogos (LUNDGREN; BJORK, 2003).

Para que um jogo se torne um jogo sério, os valores pedagógicos devem ser combinados com jogos (WECHSELBERGER, 2009; CONATI; MANSKE, 2009). Portanto, para se obter um aprendizado significativo e eficaz, o jogo sério deve exibir alguns dos doze atributos apresentados no Quadro 4 (YUSSOF, 2010).

Quadro 2 – Atributos dos *serious games*

Atributo	Descrição
Aprendizado incremental	O material de aprendizagem é entregue de forma incremental. Novos conhecimentos são entregues em partes e não são feitos de uma só vez. Terá seções adequadas de início e fim. O aluno sente e aprende de forma natural e menos complexa.
Linearidade	O aprendizado é organizado sequencialmente. No entanto, devido à flexibilidade do jogo, um aprendiz ativo pode pular capítulos.
Atenção	Duração para concentração de aprendizagem. Isso diz respeito ao processamento cognitivo e às cargas de memória de curto prazo colocadas sobre o aluno pelo jogo. Essas cargas precisam ser cuidadosamente calibradas para que o aprendiz de destino não fique sobrecarregado e passe muito tempo no processo de aprendizagem.
Suporte/apoio	Apoiar e ajudar durante o aprendizado dentro do jogo.

Atributo	Descrição
Transferência de habilidades aprendidas	Aplicando habilidades a novos aprendizados com base no aprendizado prévio. Usar o conhecimento adquirido para aplicar no próximo nível.
Interação	Engajamento na aprendizagem. Quanto maior o engajamento do aluno, maior a aprendizagem.
Autonomia do usuário	Aprendizagem autônoma e ativa com base no ritmo do aluno e em suas experiências individuais.
Prática	Atividades de aprendizagem e exercícios dentro do jogo. Repetir tarefas mais difíceis melhora a retenção de conhecimento.
<i>Feedback</i> intermitente	Informe o aluno de seu progresso na aprendizagem para ele refletir sobre o que foi alcançado até o momento e seguir motivado para maior pontuação (ensino superior). Também usando <i>feedback just-in-time</i> para aprender.
Recompensa	Incentivos para o aluno. Incentivar o aluno para mantê-lo motivado. Recompensa negativa como punição dentro do jogo também pode contribuir para o aprendizado.
Aprendizado autêntico	Colocando o aluno em um ambiente de aprendizagem simulado. Relacionar o que está sendo aprendido dentro do jogo em relação ao mundo exterior.
Acomodando os estilos do aluno	Aprendendo a se adequar às preferências e estilos dos alunos

Fonte: Adaptado de Yussof, 2010

2.5.2.2 Mecânica da aprendizagem e mecânica do jogo

Os princípios de aprendizagem e de jogo são diferentes e frequentemente conflitantes, mas podem coexistir em *serious games* bem projetados, isto é, as intenções pedagógicas podem ser traduzidas e implementadas através de mecânica de jogo.

A mecânica da aprendizagem refere-se ao funcionamento dinâmico da aprendizagem, que é modelada com base em teorias da aprendizagem e princípios pedagógicos. Isso engloba componentes (objetivos específicos, tarefas, atividades, métodos) que compõem uma estratégia de aprendizagem, instruções ou processo influenciados pelo contexto da aprendizagem.

Entende-se como mecânica do jogo o conjunto de estados de uma simulação do mundo virtual do jogo, a definição dos estados inicial e final e as regras de mudança de estado correspondentes (MIZUTANI; DAROS; KON, 2021).

A mecânica de um *Serious Game* (Figura 10) é a decisão de *design* que percebe concretamente a transição de uma prática em um elemento mecânico de jogo com o único propósito de aprendizagem. São os elementos/aspectos do jogo que ligam as práticas pedagógicas (representadas através da mecânica de aprendizagem) às ações do aluno dentro do jogo (ARNAB et. al., 2015).

Figura 6 – Concepção da mecânica dos *Serious Games*

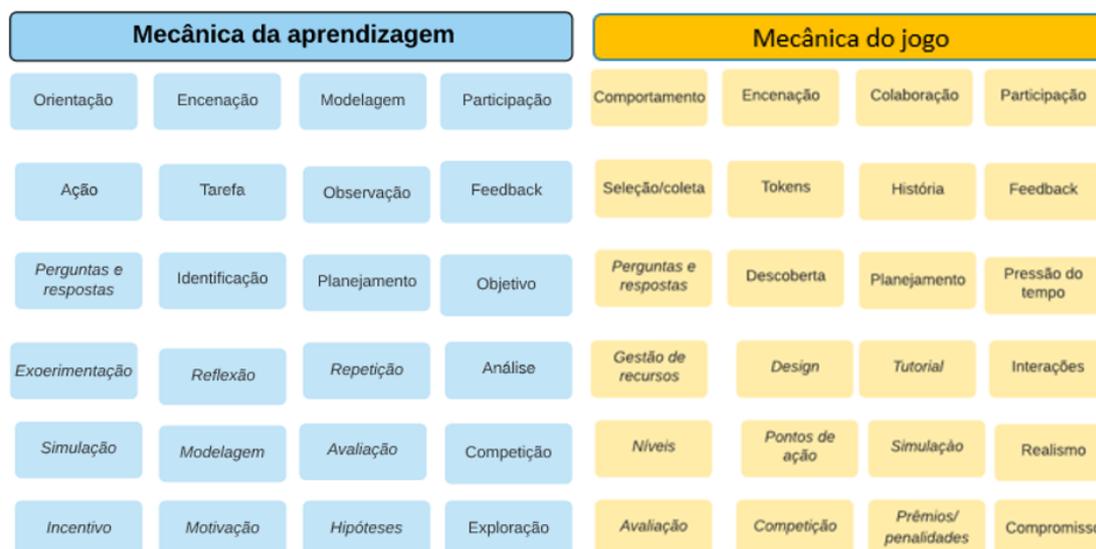


Fonte: Arnab et. al., 2015

O modelo de Arnab et al. (2015) denominado “Mecânica da Aprendizagem – Mecânica do Jogo” (LM-GM) estabelece os componentes que traduzem as práticas pedagógicas (mecânica de aprendizagem) e a mecânica de jogo.

O LM-GM (Figura 11) permite uma reflexão sobre os diversos elementos pedagógicos e de jogo em um *serious game* definindo um levantamento entre a mecânica presente nas filosofias educacionais (teorias e estratégias pedagógicas) e a mecânica dos jogos, isto é, retrata os componentes do modelo, ou seja, a mecânica de aprendizagem (*LMs*, representadas como nódulos no lado esquerdo da imagem) e a mecânica do jogo (*GMs*, representadas como nódulos no lado direito da imagem), identificadas por elementos padronizados. O modelo é descritivo e não prescritivo no sentido de que permite que seus usuários relacionem livremente a aprendizagem e a mecânica de jogos para descrever situações de propostas para um *serious game*, quer seja desenhando um mapa ou preenchendo uma tabela (ARNAB et al., 2015).

Figura 11 – Modelo *LM-GM*



Fonte: Adaptado de Arnab et al., 2015

Na mecânica do jogo há as ações instrucionais (Tabela 5) que são as ações que o jogo realiza no decorrer do seu desenvolvimento com o objetivo de estimular ações de aprendizagem e facilitar o alcance dos objetivos de aprendizagem (CARVALHO et al., 2015).

Tabela 5 – Ações instrucionais

Categoria	Elementos
-	Demonstrar, apresentar material, apresentar problema, apresentar questionário, avaliar desempenho qualitativamente, avaliar desempenho quantitativamente, repetição, lição de revisão, recompensar bom desempenho, sancionar mau desempenho, dicas/assistência, mostrar problemas semelhantes, importância do estresse, sugerir melhorias, recuperação de erros, contar história

Fonte: Carvalho et al., 2015

Carvalho et al. (2015) completam dizendo que as ferramentas instrucionais (Tabela 6) são componentes presentes no jogo que apoiam as ações instrucionais, fornecendo ajuda e *feedback* aos alunos e avaliando seu desempenho. Pode haver sobreposições entre ferramentas de aprendizagem e ferramentas instrucionais.

Tabela 6 – Ferramentas instrucionais

Categoria	Elementos
-	Desafio, listas de verificação, prazos, discussão, texto de ajuda, conjunto limitado de escolhas, múltiplas chances, penalidades, medidas de desempenho, testes práticos, perguntas e respostas, recompensas, simuladores, história, dicas/assistência, mensagens de aviso

Fonte: Carvalho et. al., 2015

Cada ação instrucional tem um ou mais objetivos instrucionais. Os Nove Eventos de Instrução de Gagné, teoria amplamente empregada no *design* instrucional, pode ser utilizada como referência para identificar os objetivos das ações instrucionais (Tabela 7) (CARVALHO et al., 2015).

Tabela 7 – Objetivos instrucionais

Categoria	Elementos
Os nove eventos de instrução de Gagné	Chame a atenção, informe o aluno sobre o objetivo, estimule a recordação do aprendizado anterior, ofereça o estímulo, forneça orientação de aprendizado, elicie o desempenho, forneça <i>feedback</i> , avalie o desempenho, melhore a retenção e a transferência

Fonte: Carvalho *et al.*, 2015

2.6 Teoria da atividade

O cerne da teoria da atividade é a noção vygotskyana de que um sujeito (uma pessoa) atinge um objeto (a meta) por meio do uso de meios mediacionais (KOCATEPE, 2021).

“O sistema de atividade é organizado em consonância com regras que determinam como as ações devem ser divididas e realizadas, estabelecendo papéis a serem desempenhados e diretrizes a serem seguidas pelos integrantes da atividade durante a sua realização” (SANTOS, 2000 - p.82).

O conceito de atividade foi introduzido pelo filósofo alemão Georg W. Friedrich Hegel, que reconheceu o papel da atividade produtiva e os instrumentos do trabalho no desenvolvimento do conhecimento. Esse autor propõe que a consciência humana é formada sob a influência do conhecimento acumulado pela sociedade ao longo da história e que esse conhecimento é objetivado através da criação de artefatos pela humanidade (ENGSTRÖM, 1987; SANNINO, 2011).

A teoria da atividade (TA) é a linha de pesquisa iniciada nas décadas de 1920 e 1930 por um grupo de psicólogos russos, notadamente Vygotsky e Leontyev, que estudaram diferentes formas de práticas humanas e processos de desenvolvimento fornecendo um modelo representativo do ser humano em seu contexto social e organizacional (ENGSTRÖM, 1987; HASAN, 1999).

Na TA, a unidade básica de análise de todos os empreendimentos humanos é a atividade: uma interação proposital entre sujeito e objeto, em um processo no qual transformações mútuas são realizadas. Essa interação é geralmente mediada por ferramentas físicas, aqui chamados de artefatos, ou mentais, que moldam a maneira como os humanos interagem com o mundo (KAPTELININ; NARDI, 2006).

A mediação cultural significa que a relação entre o sujeito e o objeto é mediada por artefatos culturais (Figura 5).

Figura 8: Modelo básico de mediação cultural



Fonte: Vygotsky, 1978

Uma limitação da proposta de Vygotsky (1978) é que a unidade de análise é focada apenas em indivíduos. Essa unidade de análise foi expandida por Leontyev (1981), o qual diferenciou a ação individual da atividade coletiva. A distinção entre ação e atividade é de crucial importância para a compreensão de como as ações emergem e do que as direciona.

De acordo com Leontyev (1978), as ações são direcionadas a objetivos e metas. No entanto, somente o objeto da atividade coletiva – e não os objetivos das ações – pode explicar o porquê de uma ação surgir. A separação entre objetivo de uma ação e objeto da atividade cria uma relação dialética; atividades não podem ser entendidas sem ações e ações não podem ser compreendidas sem atividade.

Em uma abordagem baseada na TA, os seres humanos são vistos como envolvidos em diversas atividades, diferenciadas pelo seu objeto. O pressuposto básico é que uma atividade é sempre dirigida a um objeto. Por isso, a fim de estudar uma determinada atividade, primeiro é importante identificar o objeto que direciona as ações do sujeito (LEONTYEV, 1978).

É através da atividade humana que há o desenvolvimento cognitivo, em que percepções e pensamentos se originam e se desenvolvem. O homem tem de provar a verdade, atividade e poder, e a universalidade de seu pensamento na prática (LEONTYEV, 1978).

Dessa forma, uma atividade acontece simultaneamente em três níveis em uma estrutura hierárquica (Figura 6). No nível mais alto, a atividade é direcionada a um motivo. Tipicamente, a atividade é realizada por uma sequência de ações, cada uma das quais pode não estar diretamente relacionada ao motivo (DEVANE; SQUIRE, 2012). Cada ação também é direcionada a um objeto: o objetivo. O sujeito normalmente está ciente de seus objetivos, mas talvez não esteja ciente de seus motivos. Por sua vez, uma ação também é composta por

unidades de nível inferior, chamadas operações, que são executadas inconscientemente, de acordo com determinadas condições.

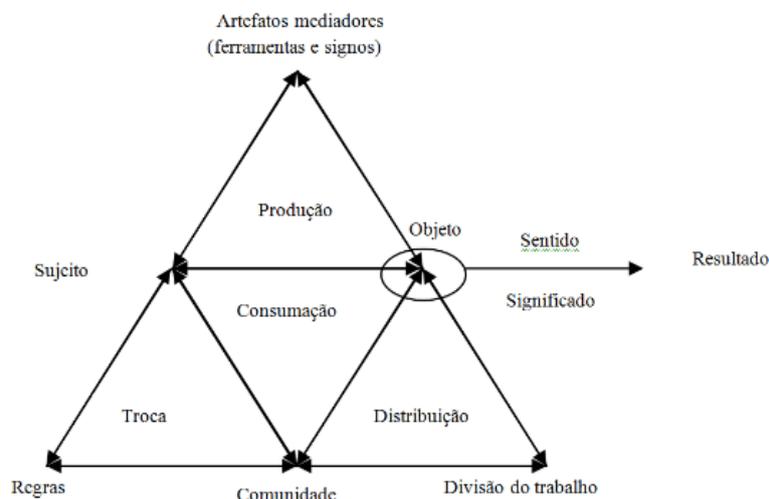
Figura 9 - Estrutura hierárquica da atividade ou níveis de atividade



Fonte: Adaptado de Leontyev, 1978

Engeström (1987) estendeu o modelo original de atividade proposto por Leontyev (1978), descrevendo a atividade como um fenômeno coletivo. O modelo, chamado Sistema de Atividade, é representado como um triângulo (Figura 7), no qual os lados representam os principais componentes do sistema (sujeito-objeto-comunidade) e os cantos representam os artefatos de mediação para esses relacionamentos (ferramentas - regras sociais - divisão de trabalho). A atividade é direcionada ao objeto, o qual gera um resultado.

Figura 10 - Sistema de Atividade



Fonte: Adaptado de Engeström, 1987

A atividade não é uma entidade estática. Constantes transformações ocorrem entre os níveis, de acordo com mudanças no ambiente ou nas motivações ou habilidades do sujeito (KUUTTI, 1995; PEACHEY, 2010). A par disso, é possível realizar a mesma atividade por diferentes conjuntos de ações e operações, e as mesmas ações podem fazer parte de diferentes atividades simultaneamente (HASAN, 1999).

O modelo apresentado por Engeström (1987) possibilita uma compreensão das relações sistêmicas envolvidas em um ou mais sistemas de atividade. Sua representação gráfica facilita o reconhecimento dos múltiplos relacionamentos que se estabelecem entre sujeitos, comunidades, o objeto da atividade e seus resultados. Ferramentas, regras e divisão do trabalho fazem a mediação, possibilitando ou restringindo processos de produção, distribuição, troca e consumo.

A teoria da atividade relaciona-se ao contexto escolar e está vinculada diretamente à ideia de necessidade, ou seja, de se ter um motivo para aprender. Assim, é o motivo que impulsiona a ação do aluno, de modo que ele seja responsável por sua aprendizagem (GRYMUZA; RÊGO, 2014).

Os motivos desempenham um papel fundamental na formação das ações voluntárias, ou seja, escolhendo entre alternativas de como agir em determinada situação. Os praticantes da atividade percebem que os problemas não podem ser explicados usando o antigo conhecimento ou estrutura. Em vez disso, são necessários novos conhecimentos e compreensão da situação (VÄNNINEN; QUEROL; ENGESTRÖM, 2021).

Nesse sentido, o modelo estrutural da TA pode ser usado como uma ferramenta para o desenvolvimento conceitual dos *serious games*, quando conecta os componentes de jogos a taxonomias estabelecidas de aprendizagem e *design* instrucional, pois oferece uma lógica estruturada que considera o jogo não como uma ferramenta isolada, mas como parte de um sistema complexo que também inclui agentes humanos (jogador ou aluno, instrutor e *designer* de jogos) e a motivação que determina suas interações com o jogo (CARVALHO et al., 2015).

A teoria da atividade fornece a base para o design bem-sucedido da aprendizagem baseada em jogos (PLASS; HOMER; KINZER, 2015) e estudos científicos começaram recentemente a empregar seus fundamentos teóricos para projetar, explicar e avaliar intervenções gamificadas (KRATH; SCHÜRMAN; VON KORFLESCH, 2021).

Diante desse entendimento, a TA pode ser aplicada nos estágios iniciais da prototipagem, colaborando para que *designers* de *serious games* possam avaliar se a estrutura de jogo prevista é capaz de suportar os objetivos pedagógicos desejados (CARVALHO et al., 2015).

2.6.1 Artefatos

Artefatos são “objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações” (SIMON, 1996, p. 29).

Neste sentido, pode-se dizer que os artefatos são instrumentos que servem para cumprir um determinado propósito (objetivo) ou adaptação a um objetivo ou função (LACERDA et al., 2013).

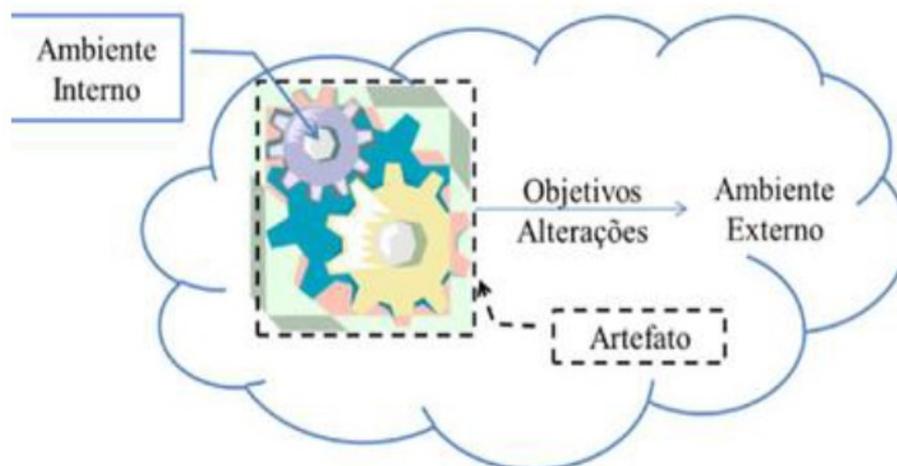
“Um artefato se refere a um aspecto do mundo material (e conceitual) que tenha sido modificado ao longo da história da sua constituição através de ações” (COLE, 1996, p.117). De acordo com Cole (1996), o conceito de artefato como produto da história humana oferece uma maneira de superar a dualidade entre o interno e externo, ideal e material.

Segundo Simon (1996, p.29), “o cumprimento de um propósito, ou adaptação a um objetivo, envolve uma relação de três elementos: o propósito ou objetivo; o caráter do artefato; e o ambiente em que ele funciona”.

Diante disso, “[...] um artefato pode ser considerado como um ponto de encontro - interface - entre um ambiente interno, a substância e organização do próprio artefato, e um ambiente externo, [ou seja], as condições em que o artefato funciona [...]” (SIMON, 1996, p. 29).

Assim pode-se entender que o artefato é um instrumento de conexão advindo do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo (Lacerda et al., 2013), como pode ser observado na Figura 4.

Figura 11 - Caracterização de um Artefato



Fonte: Lacerda et al., 2013

Sendo os artefatos instrumentos de interface entre o ambiente interno e o ambiente externo, eles naturalmente são concebidos para atender a uma necessidade ou atingir um

objetivo. Eles são concebidos para criar uma solução para uma determinada classe de problemas (Lacerda et al., 2013), conforme exemplificado no Quadro 1.

Quadro 3 - Exemplos de classes de problemas e artefatos

CLASSE DE PROBLEMAS	ARTEFATOS
Sequenciamento da produção	Kanban (OHNO, 2006)
	CONWIP (SPEARMAN; HOPP, 1990)
Mensuração dos custos	Contabilidade de ganhos (GOLDRATT, 1991)
	Custeio baseado em atividades (COOPER; KAPLAN, 1998)
	Unidades de esforço de produção (ALLORA, 1985)
Mapeamento de processos	<i>Value stream map</i> (ROTHER; SHOOK, 1999)
	Mapeamento do mecanismo de função da produção (SHINGO, 2005)

Fonte: Adaptado de Lacerda et al., 2013

Tanto os problemas quanto as soluções satisfatórias podem compartilhar características comuns que permitam a organização do conhecimento de uma dada classe de problemas - habilitando assim a generalização e o avanço do conhecimento na área (LACERDA et al., 2013).

Os artefatos podem ser caracterizados como constructos, modelos, métodos e/ou instanciações. As descrições dos tipos de artefato podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 4 – Tipos de artefatos

Tipos de artefatos	Descrição
Constructos	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Conceituações são extremamente importantes em ambas as ciências, natural e de design. Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas. Eles podem ser extremamente valiosos para designers e pesquisadores.
Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de design, modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Cientistas naturais muitas vezes usam o termo ‘modelo’ como sinônimo de ‘teoria’, ou ‘modelos’ como as teorias ainda incipientes. Na Design Science, no entanto, a preocupação é a utilidade de modelos, não a aderência de sua representação à Verdade. Não obstante, embora tenda a ser impreciso sobre detalhes, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.

Tipos de artefatos	Descrição
Métodos	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe. Além disso, os métodos são, muitas vezes, utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema. Os métodos são criações típicas das pesquisas em <i>Design Science</i> .
Instanciações	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: March e Smith, 1995; Lacerda et al., 2013

2.7 Realidade Virtual

A realidade virtual (RV) é definida como um ambiente tridimensional (3D) gerado por computador que simula ou replica aspectos do mundo físico (MAKRANSKY; LILLEHOLT, 2018).

A realidade virtual é imersiva e constitui uma das várias tecnologias inovadoras que recebem atenção por seu uso potencial na educação e sua crescente adoção como ferramenta de aprendizagem em salas de aula (ARAIZA-ALBA et al., 2021; HU AU; LEE, 2017; MEYER; OMDAHL; MAKRANSKY, 2019). A RV tem sido associada a inúmeras vantagens, como maior motivação, aprendizagem ativa e pensamento reflexivo.

A tecnologia RV cria a possibilidade de representar conceitos abstratos de forma tangível enquanto gera engajamento e motivação dos alunos no processo de aprendizagem (ARAIZA-ALBA et al., 2021; PERSKY; MCBRIDE, 2009). Além disso, a RV fornece ao usuário um novo contexto para pensar sobre seus comportamentos e respostas ao ambiente gerado (SMITH; ERICSON, 2009), o que permite um impacto positivo nos resultados de aprendizagem em relação ao treinamento de habilidades técnicas e comportamentais dos alunos (ÇAKIROGLU; GÖKOGLU, 2019).

Um número crescente de estudos recentes examina o uso potencial da tecnologia de realidade virtual no nível universitário: a RV melhora a eficácia do aprendizado percebido (ZHANG et al., 2017); melhora o resultado da aprendizagem dos alunos e o interesse em

educação ambiental (SU; CHENG, 2019); a tecnologia persuasiva na forma de videogames e realidade virtual muda atitudes e/ou comportamentos na área de saúde (CHOW et al., 2017) e melhora as habilidades comportamentais de segurança contra incêndio (ÇAKIROGLU; GÖKOGLU, 2019).

Os sistemas de RV altamente imersivos permitem que o usuário fique situado dentro do ambiente gerado por computador e interaja com o ambiente por meio de gestos ou movimentos físicos. Assim, a RV proporciona, em teoria, uma vantagem para o aprendizado.

Dois princípios fundamentam o uso da RV na aquisição da aprendizagem prática: i) oferece um espaço realista para experimentação sensório-motor a fim de se adquirir conhecimentos procedimentais; e, ii) promove a aquisição de competências, ou seja, “saber agir” para ser eficaz e ser capaz de resolver problemas em diversas situações, dentro de um campo de referência (MORÉLOT et al., 2021).

Além disso, o efeito que a cognição incorporada pode surtir através da possibilidade de manipular objetos no ambiente 3D, alcançado por meio da nova geração de controladores de mão, dá ao aluno a sensação única de controle sobre a aprendizagem (JOHNSON-GLENBERG, 2018). Esse sentimento de controle também é aumentado pelo senso de presença e participação ativa que a RV permite. Sentido de presença é definido como a sensação de estar lá (MIKROPOULOS; BELLOU, 2006), que proporciona ao usuário uma experiência em primeira pessoa e uma interação não simbólica com o conteúdo de aprendizagem, apoiando a construção do conhecimento sob uma ótica construtivista (WINN, 2002).

A RV tem a capacidade de situar o aluno dentro do ambiente de aprendizagem, tornando-o um participante central, ativo e intrínseco no processo (ARAIZA-ALBA et al., 2021; LI et al., 2019).

Para Mikropoulos e Natsis (2011), tanto a imersão quanto os canais multissensoriais realistas são fatores positivos no resultado da aprendizagem. Em relação ao impacto da imersão na aprendizagem prática, Checa e Bustillo (2019) apontaram que: i) as soluções de *serious games* imersivos têm uma relação custo-benefício muito interessante (aprendizagem de alta precisão, baixos tempos de aprendizagem, alta visualização e compreensão, etc.); ii) boa transferência de aquisições virtuais para o mundo real; e, iii) aprendizagem aprimorada em um ambiente seguro.

As tecnologias digitais, sendo ferramentas, sistemas, dispositivos e recursos eletrônicos que geram, armazenam ou processam dados (VICTORIA STATE GOVERNMENT, 2020), podem ser vistas como um instrumento para enriquecer as

experiências de aprendizagem que promovem o desenvolvimento de habilidades do século 21 (KEANE; KEANE, 2016; SANABRIA; RÁMBURO-LIZÁRRAGA, 2017). A aprendizagem e os princípios construtivistas podem ser usados como um meio para aprender essas habilidades (CROCKETT; JUKES; CHURCHES, 2011).

2.8 Design instrucional

O termo *design* pode significar invento, planejamento, projeto, configuração, se diferenciando da palavra *drawing* (desenho); tem como tarefa dar forma a artefatos, considerando um projeto previamente elaborado com uma finalidade objetiva específica. É um campo amplo de atividades especializadas, de caráter técnico e científico, criativo e artístico, que se ocupam em organizar, classificar, planejar, conceber, projetar e configurar sistemas, objetos, ambientes ou espaços (COELHO, 2011, p. 189).

Margolin (1993, p. 3) afirma que “*design* é tudo que está ao nosso redor. Ele insinua sempre o objeto no mundo material e dá forma para o processo não material tanto na produção industrial como para serviços”.

Nesse sentido, o *design* não aborda apenas a estética ou desenho (como o termo pode levar a acreditar), mas engloba vários fatores necessários à concepção de um objeto, sistema ou ambientes (reais ou virtuais).

O *design* instrucional é resultado do trabalho multidisciplinar que envolve diversas áreas como psicologia, ciência da computação, engenharia, educação, negócios e é definido por Filatro (2008) como o uso de estratégias de aprendizagem testadas para projetar atividades de aprendizagem que permitam a construção de habilidades e conhecimentos.

Design Instrucional (DI) é a ação sistemática e intencional de ensino com o objetivo de planejar e desenvolver soluções de instrução que visem a aprendizagem humana em situações específicas. É o campo do conhecimento relativo ao processo para criação de soluções educacionais apoiadas por tecnologias e mídias (FILATRO; CAIRO, 2015).

O DI se refere à engenharia pedagógica, isto é, ao conjunto de métodos, técnicas e recursos utilizados nos processos de ensino-aprendizagem.

No processo de preparação e planejamento de atividades de ensino os professores, designers ou membros da equipe de profissionais de educação usam os chamados modelos de desenvolvimento do DI para esquematizar os elementos fundamentais de uma situação didática.

Apesar de haver uma multiplicidade de modelos projetados para diferentes contextos educacionais, os elementos de DI agrupam-se tradicionalmente nas seguintes fases:

- **Análise:** envolve a definição da filosofia de ensino dentro da instituição; o público-alvo e as necessidades de aprendizagem desse público;
- **Design:** corresponde à criação da equipe responsável pelo conteúdo, à definição da matriz curricular, cronograma e estratégias pedagógicas e tecnológicas;
- **Desenvolvimento:** elaboração do material instrucional conforme a mídia disponível e os recursos da plataforma computacional escolhida;
- **Implementação:** aplicação da proposta de DI;
- **Avaliação:** revisão e análise das estratégias pedagógicas e tecnológicas adotadas (FILATRO, 2008).

Em geral, as teorias de aprendizagem descrevem como as pessoas aprendem, enquanto as teorias do DI procuram assegurar a aprendizagem em situações específicas (FILATRO e CAIRO, 2015).

Filatro e Cairo (2015) asseguram que “toda a interação do aluno com o universo educacional tem como ponto de partida os conteúdos, seja em termos de apresentação de tópicos e subtópicos ou de proposição de atividades de aprendizagem. E os conteúdos precisam incorporar boa parte da comunicação didática [...]. Dessa forma, o DI provê um método para desenvolvimento de soluções educacionais apoiadas por mídias e tecnologias que envolvem competências que extrapolam a clássica relação professor-aluno em sala de aula. “Os conteúdos educacionais precisam se relacionar com questões da vida cotidiana, permitindo ao aluno construir conhecimentos e habilidades de ordem variada, bem como valores e forma de conduta.

O desenho de uma solução educacional (*design* instrucional) demonstra, claramente, os objetivos, os métodos e as estratégias selecionadas para alcançá-los e é ancorado em abordagens pedagógicas subjacentes (FILATRO, 2008).

A matriz de *design* instrucional (MDI) proporciona, nesse sentido, uma visão panorâmica de cada unidade de aprendizagem, explicitando quais atividades serão necessárias ao atendimento dos objetivos propostos (FILATRO, 2008).

A MDI (Tabela 8) é um documento no qual podemos definir quais atividades serão necessárias para atingir os objetivos, bem como elencar quais conteúdos e ferramentas serão precisos para a realização das atividades, e ainda estabelecer como se dará a avaliação para o alcance dos objetivos.

Tabela 8 – Matriz de *design* instrucional (MDI)

Elementos da matriz	Descrição dos elementos
---------------------	-------------------------

Elementos da matriz	Descrição dos elementos
Descrição	Resumo da proposta da atividade e como ela será realizada
Prazo	Prazo para realização da atividade
Recurso	Ferramentas necessárias para o aluno realizar a atividade
Mediação	Atuação do educador durante a realização da atividade
Avaliação	Como a atividade será avaliada

Fonte: Filatro e Cairo, 2015

Com foco nesta perspectiva, espera-se que o DI contenha a identificação da tarefa, a informação dos objetivos de aprendizagem, seja formativa, ou seja, deve desenvolver as habilidades e competências previstas, ser processual (hierarquizar a complexidade das atividades), provocar a reflexão sobre a tarefa e levar à mudança de comportamentos e atitudes.

O *design* instrucional “refere-se tanto ao processo de concepção e desenvolvimento de uma solução definida e visível quanto ao produto resultante desse processo” (FILATRO E CAIRO, 2015, pg.146)

O DI como produto pode ser representado de diversas formas, sendo os mais comuns os livros digitais e impressos, podcasts, vídeoaulas, jogos, infográficos, dentre outros.

Segundo Filatro e Cairo (2015, pg. 15)

Os princípios de DI propostos por Ralph Tyler⁹, concentram-se em quatro questões fundamentais que, uma vez respondidas, permitem a elaboração de qualquer DI: que propósitos educacionais buscamos atingir; que experiências educacionais possibilitam a consecução desses objetivos; como essas experiências podem ser organizadas de modo eficiente; como podemos verificar se esses objetivos estão sendo alcançados?

Nesse entendimento, Filatro e Cairo (2015) ainda complementam com algumas questões importantes de serem pensadas, tais como:

- i. O que se deve saber – conteúdos conceituais (referem-se aos conhecimentos acumulados ao longo da vida e estão relacionados à dimensão cognitiva, ao saber propriamente dito.)
- ii. O que se deve saber fazer – conteúdos procedimentais (habilidades)
- iii. O que se deve saber ser – conteúdos atitudinais (atitudes)

⁹ Pesquisador e educador americano, considerado o “pai da avaliação educacional”, em 1949 sistematizou suas ideias sobre como organizar programas de estudos no livro “Princípios básicos de currículo e ensino”, o qual se tornou um *best seller* mundial.

2.9 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou uma trilha de aprendizagem, onde foi possível conceituar, considerando a ótica desta pesquisa, “aprendizagem”, “conhecimento”, “habilidades” e “competências” e, a partir disso, evoluir para a compreensão dos objetivos, ações e resultados de aprendizagem esperados em um processo de ensino e aprendizagem.

Neste contexto, é importante ressaltar que as metodologias ativas de ensino têm um papel preponderante quando se fala em eficiência de aprendizagem para os alunos “nativos digitais” e a aprendizagem baseada em jogos, como os *serious games*, se destacam neste cenário.

Para tanto é necessário compreender, sobretudo, os fundamentos educacionais e pedagógicos norteadores da metodologia de ensino por meio de jogos, sabendo diferenciar a mecânica da aprendizagem da mecânica dos jogos e como elas interagem entre si. Esses fundamentos educacionais, sustentados nas teorias de aprendizagem construtivista, em que a resolução de problemas é o cerne da aprendizagem, e experiencial, na qual a aprendizagem acontece por meio da interação entre a teoria e a prática, resultam na estrutura do *serious game* abordados neste trabalho.

Com base nesta estrutura, a realidade virtual participa como sendo a tecnologia computacional que permite inserir o aluno dentro de uma simulação de ambientes reais, proporcionando a aplicação do conhecimento e tornando-o um participante ativo e intrínseco do seu processo de aprendizagem. A teoria da atividade foi usada como uma lente para entender o contexto em que os alunos e professores se encontram, pois possibilita a compreensão das relações sistêmicas envolvidas na atividade e que o desenvolvimento cognitivo acontece a partir do envolvimento do sujeito com o objeto.

Sob esta ótica, pode-se dizer que as teorias abordadas deram suporte à escolha da tecnologia de realidade virtual como um meio, do *design* instrucional como uma estratégia, e do jogo sério como uma ferramenta de ensino e aprendizagem.

Por fim, entende-se que jogo sério é um artefato de aprendizagem que incorpora a tecnologia do jogo com o propósito de alcançar objetivos de aprendizagem que não sejam puro entretenimento. E, para tanto, é importante considerar as competências desejáveis com determinada atividade de aprendizagem, fornecendo uma compreensão clara sobre o que se deve saber, o que se deve saber fazer e o que se deve saber ser, cujos resultados garantirão um aprendizado efetivo para o aluno.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta seção considera o *Design Science* como base epistemológica do trabalho, e descreve as etapas da pesquisa orientadas pelo *Design Science Research (DSR)*, por se tratar de aplicação de metodologia com foco no desenvolvimento de soluções, artefatos e produtos.

3.1 *Design Science*

Para garantir que uma pesquisa seja reconhecida como sólida e potencialmente relevante, tanto pelo campo acadêmico quanto pela sociedade em geral, ela deve demonstrar que foi desenvolvida com rigor e que é passível de debate e verificação. É neste âmbito que um método de pesquisa robusto se torna imprescindível para o sucesso na condução de um estudo (DRESCH, 2013, p. 10).

A maior parte das pesquisas, no entanto, é apoiada na percepção de que o objetivo da ciência é descrever, entender, explicar e, inclusive, prever. Por consequência, seu principal foco é desenvolver pesquisas que permitam a construção de teorias que descrevam, expliquem e predigam como a realidade funciona (MEREDITH, 2008; TAYLOR; TAYLOR, 2009).

Por outro lado, a pesquisa em *Design Science (DS)* enfatiza a exploração do conhecimento por meio da prática do desenvolvimento de soluções, buscando identificar novas alternativas para solução dos problemas, explicar o próprio processo de exploração e melhorar o método de solução de problemas (HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERI, 2009).

Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), definem o *DS* como a ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar artefatos. O *DS* tem como propósito a geração de conhecimentos para criação e uso de artefatos na solução de problemas e para melhoria do desempenho das soluções existentes (VAN AKEN, 2005).

Pesquisas efetivas em *DS* devem apresentar contribuições claras relacionadas ao artefato desenvolvido, ao conhecimento envolvido em sua construção e/ou ao conhecimento para sua avaliação (HEVNER et al., 2004).

3.2 *Design Science Research*

O enquadramento metodológico consiste em escolher e justificar um método de pesquisa que permita, principalmente: i) responder ao problema de pesquisa formulado; ii) ser avaliado pela comunidade científica; iii) evidenciar procedimentos que robusteçam os resultados da pesquisa (LACERDA et al., 2013).

A questão da relevância do conhecimento produzido e a importância de relacionar a teoria à prática requerem um novo foco em pesquisas direcionadas ao projeto de artefatos que sustentem melhores soluções para os problemas existentes.

Para Vaishnavi e Kuechler (2009), a *DSR* é um novo paradigma, um conjunto de técnicas analíticas que permite o desenvolvimento de pesquisas nas diversas áreas, em particular na engenharia.

Com esta mesma ótica, Lima e Costa (2011), apoiados em Platts (1993), explicitam a distinção entre o conhecimento científico e o conhecimento em engenharia. A Engenharia se preocupa com a utilização do conhecimento científico com o propósito de projetar e construir artefatos para a solução dos problemas.

A *DSR* é o método que operacionaliza a construção do conhecimento e tem como metas estudar, pesquisar e investigar o artificial e seu comportamento, tanto do ponto de vista acadêmico quanto da organização (BAYAZIT, 2004).

As pesquisas de caráter acadêmico envolvendo a solução de problemas devem fazer uso da teoria disponível de modo: i) Compreensivo, com uma revisão sistemática da literatura existente sobre os aspectos em questão buscando a compreensão do problema e seu contexto; ii) Crítico, com a avaliação do valor e das limitações do conhecimento presente na literatura, entre outras, frente às evidências levantadas no ambiente organizacional; iii) Criativo, em que não apenas se aplica o conhecimento teórico disponível, mas se busca, também, construir sobre este conhecimento, transformá-lo, utilizá-lo e acrescentar-lhe algo de modo a produzir uma solução interessante e diferenciada (VAN AKEN; BERENDS; BIJ, 2012).

Além disso, a *DSR* deve se distinguir de processos rotineiros de desenvolvimento de projetos por meio da produção de conhecimento novo e verdadeiro, assumindo o risco intelectual decorrente das situações desconhecidas que extrapolam o estado da arte, e voltado para o interesse de uma comunidade, não tratando somente de um problema pontual, particular, mas buscando soluções para uma classe generalizada de problemas que seja relevante para um conjunto de entes interessados (VAISHNAVI; KUECHLER, 2004).

Diante desse contexto, a *DSR* se constitui em um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos (LACERDA et al., 2013), sendo a principal metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho.

3.3 Estruturação da pesquisa pelo método *DSR*

O *DSR* é um método de pesquisa que considera três ciclos de atividades: o ciclo da relevância, que busca os requisitos do ambiente organizacional para a pesquisa e leva os artefatos produzidos para aplicação em campo; o ciclo do rigor, que traz da experiência, bases

de conhecimentos, teorias, e informações sobre artefatos e processos existentes, fundamentam a pesquisa e depois acrescenta novos conhecimentos ao estado da arte; e o ciclo central de *design*, que mantém iterações envolvendo a construção e a avaliação dos artefatos e processos (HEVNER, 2007).

Sob a ótica de que o conhecimento e a compreensão de um problema e sua solução podem ser adquiridos na construção e aplicação de um artefato, um conjunto de diretrizes (Quadro 5) é estabelecido com o objetivo de orientar a condução, avaliação e apresentação de pesquisas em *DSR* (HEVNER et al. 2004).

Quadro 5 - Linhas de orientação em *Design Science Research*

Linhas de orientação	Descrição
Diretriz 1 Projeto envolvendo artefato	Pesquisas em <i>Design Science</i> devem produzir artefatos inovadores, viáveis e com propósito específico na forma de constructos, modelos, métodos ou instanciações.
Diretriz 2 Relevância do problema	O objetivo da pesquisa em <i>Design Science</i> é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e pertinentes.
Diretriz 3 Avaliação do projeto	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato desenvolvido devem ser demonstradas por meio de métodos de avaliação.
Diretriz 4 Contribuições da pesquisa	Pesquisas efetivas em <i>Design Science</i> devem prover contribuições claras e verificáveis nas áreas de desenvolvimento do artefato, de sua fundamentação ou da metodologia envolvida, com inovações voltadas tanto para a solução de problemas até então não resolvidos, quanto para melhoria da eficácia ou eficiência da solução conhecida.
Diretriz 5 Rigor na pesquisa	A confiança em pesquisas voltadas para o <i>Design Science</i> depende da aplicação de métodos rigorosos tanto na construção como na avaliação dos artefatos desenvolvidos, sendo que o artefato deve ser definido, formalmente representado, teoricamente coerente e internamente consistente.
Diretriz 6 Projeto como um processo de busca	A busca por um artefato efetivo requer a disponibilidade e utilização de meios para alcançar os propósitos desejados, em um processo que incorpora ou habilita mecanismos para busca de soluções, ao mesmo tempo em que são satisfeitas as leis relacionadas ao contexto do problema.
Diretriz 7 Comunicação da pesquisa	Os resultados de pesquisas em <i>Design Science</i> devem ser efetivamente comunicados tanto ao público interessado em seus aspectos técnicos (pesquisadores que podem dar continuidade à pesquisa e profissionais voltados para a implementação) quanto àquele voltado para as questões gerenciais enfocadas (pesquisadores ligados ao contexto do problema e profissionais responsáveis pela decisão sobre a implementação do artefato em suas organizações).

Fonte: Adaptado de Hevner et al., 2004

Sob a ótica dos conceitos apresentados, a pesquisa em *DSR* é fundamentalmente uma questão prática, desmembrando-se em seis etapas de desenvolvimento (PEFFERS et al., 2007):

– Identificação de problema e motivação: definição do problema relacionado à pesquisa, com a caracterização de seu contexto, e justificativa do valor de sua solução, tanto no que respeita à motivação da pesquisa como no esclarecimento das razões do pesquisador no entendimento do problema;

– Definição de objetivos para uma solução: definição dos objetivos da solução envolvida na pesquisa a partir do problema identificado e do conhecimento disponível e aplicável, inclusive sobre o contexto atual do problema e sobre soluções existentes e sua eficácia;

– Projeto e desenvolvimento: criação do artefato, incluindo atividades de determinação de suas funcionalidades desejadas, sua arquitetura e, bem assim, o artefato em si, tomando por base o conhecimento teórico existente;

– Demonstração: uso do artefato para solução de uma ou mais circunstâncias do problema, podendo envolver experimentos, simulações, estudos de caso, provas, protótipos ou outras atividades apropriadas, acompanhado da demonstração de sua aplicação;

– Avaliação: observação, monitoramento e medição de como o artefato proporciona solução ao problema, envolvendo a comparação dos objetivos definidos para a solução e os resultados alcançados na demonstração do uso do artefato; ao final desta etapa, deve ser decidido se a pesquisa deve retornar à etapa de “projeto e desenvolvimento” para busca de melhorias na efetividade do artefato ou se pode ser concluída, passando à etapa de “comunicação”, com eventuais melhorias deixadas para pesquisas futuras;

– Comunicação: divulgação do problema e sua importância, o artefato, sua utilidade e inovação, o rigor de seu desenvolvimento e sua efetividade, para pesquisadores e outros públicos pertinentes, inclusive profissionais das áreas relacionadas ao problema.

De acordo com Venable, Pries-Heje e Baskerville (2016), o trabalho através do *Design Science* produz diversas ideias como, por exemplo, criar uma tecnologia totalmente nova, utilizar uma tecnologia existente, porém não aplicada na solução de determinado tipo de problema e, dentre outros, recombinar ideias para novas possibilidades de solução e/ou para a melhoria das soluções existentes.

Ressalte-se que o desenvolvimento de soluções não deve ser fundamentado exclusivamente na experiência do pesquisador, devendo ser ancorado, também, na literatura que retrata o estado da arte do tema (VAN AKEN et al., 2012).

Segundo Van Aken et al. (2012), os estudos acadêmicos envolvendo a solução de problemas devem fazer uso da teoria disponível de um modo: i) Compreensivo, com uma revisão sistemática da literatura existente sobre os aspectos em questão buscando a

compreensão do problema e seu contexto; ii) Crítico, com a avaliação do valor e das limitações do conhecimento presente na literatura, entre outras, frente às evidências levantadas no ambiente organizacional; iii) Criativo, em que não apenas se aplica o conhecimento teórico disponível, mas se busca também construir sobre este conhecimento, transformá-lo, utilizá-lo e acrescentar-lhe algo de modo a produzir uma solução interessante e diferenciada.

A pesquisa em *DSR* promove um aprendizado profundo ao envolver ciclos de desenvolvimento, aplicação e avaliação, gerando melhorias relacionadas tanto ao artefato em si, quanto ao processo de sua construção (VAISHNAVI; KUECHLER, 2004), cujo objetivo maior é desenvolver uma solução que atenda às expectativas e necessidades dos usuários (LACERDA et al., 2015).

Nesse sentido, Henver et al. (2004) chamam a atenção para a etapa de avaliação no desenvolvimento da pesquisa, dizendo que a utilidade, a qualidade e a eficácia do artefato desenvolvido devem ser demonstradas a partir de métodos de avaliação bem aplicados, incluindo aspectos relacionados a funcionalidade, completude, consistência, acurácia, desempenho, confiabilidade, facilidade de uso, adequação e integração às organizações e outros atributos de qualidade pertinentes.

Hevner et al. (2004) apresentam alguns métodos para avaliação de artefatos em *DSR* (Quadro 6), e afirmam que a metodologia de avaliação deve ser apropriada ao artefato desenvolvido.

Quadro 6 – Tipos e métodos de avaliação em *DSR*

Tipos de avaliação	Métodos de avaliação
Observacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudos de caso – Estudo do artefato em profundidade no ambiente relacionado ao problema ▪ Estudos de campo – Monitoramento do uso do artefato em múltiplos projetos
Analítico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise estática – Exame da estrutura do artefato quanto a aspectos estáticos (por exemplo, complexidade) ▪ Análise estrutural – Estudo de adequação do artefato quanto a sua arquitetura técnica ▪ Otimização – Demonstração das propriedades ótimas inerentes ao artefato ou caracterização dos limites de excelência em sua aplicação ▪ Análise dinâmica - Estudo do artefato em uso quanto a aspectos dinâmicos (por exemplo, desempenho)
Experimental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Experimento controlado – Estudo do artefato em ambiente controlado quanto a suas qualidades (por exemplo, utilidade) ▪ Simulação – Uso do artefato com dados artificiais

Tipos de avaliação	Métodos de avaliação
Testes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teste funcional – Aplicação do artefato em suas interfaces para identificação de falhas e defeitos ▪ Teste estrutural – Aplicação de testes quantitativos para análise de resultados na implementação do artefato
Descritivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Argumento informado – Uso de informações relevantes da base de conhecimento disponível para construção de argumentos convincentes sobre a utilidade do artefato ▪ Cenários – Construção de cenários detalhados para aplicação do artefato a fim de demonstrar sua utilidade

Fonte: HEVNER et al., 2004

Ainda segundo Hevner et al. (2004), métodos descritivos de avaliação devem ser utilizados para artefatos particularmente inovadores para os quais outras formas de avaliação não possam ser aplicadas, sendo que avaliações quantitativas dependem sempre da existência de uma métrica de análise apropriada.

3.4 Implantação da pesquisa pelo método *DSR*

Vale salientar que entender o processo da pesquisa é fundamental para se construir um planejamento eficiente, no qual a decomposição do método provoca no pesquisador a reflexão sobre o seu trabalho, segmentando e clarificando as etapas e as dificuldades (BARBOSA; BAX, 2017).

Assim sendo, de acordo com os princípios estabelecidos por Hevner et al. (2004), Van Aken et al. (2012), Peffers et al. (2007) e Lacerda et. al (2013), a proposta do *DSR* aplicada ao escopo do presente estudo foi definida estabelecendo uma estrutura lógica para resolução de problemas, com cinco atividades centrais, conforme abaixo descritas:

- Investigar o problema: levantamento das percepções, dados preliminares e intenções estratégicas;
- Propor soluções: definição do tipo do artefato e análise dos requisitos para funcionamento da proposta;
- Desenvolvimento: elaboração do planejamento educacional (*design* instrucional) e criação do protótipo da solução;
- Avaliar a solução: determinação da importância da solução;
- Concluir: comunicação dos resultados.

A fim de melhor compreender o fluxo desta pesquisa e clarificar o método, as cinco atividades centrais foram desmembradas em 6 etapas, sendo elas: i) identificação e contextualização do problema; ii) revisão da literatura; iii) seleção e coleta de dados; iv)

elaboração do projeto; v) construção do protótipo; e, vi) determinação da importância da solução. Essas etapas estão descritas na Figura 12.

Figura 12 – Estrutura da pesquisa

1. Identificação e contextualização do problema	<p>Relatar as percepções que motivaram a investigação</p> <p>Realizar o levantamento de dados de desempenho dos discentes nas disciplinas específicas e profissionalizantes do curso. Considerando que a IES admite como desempenho satisfatório para conclusão do curso o valor de 60% de aproveitamento, deverão ser selecionadas as disciplinas com desempenho inferior.</p> <p>Analisar os dados e considerar como desempenho insatisfatório o valor equivalente a 60% ou menos e, desempenho crítico o valor equivalente a 45% ou menos.</p>
2. Revisão da literatura (investigação)	<p>Proceder à revisão de literatura do tipo "sistemática" com base no método <i>Systematic Search Flow</i> a fim de se identificar os artefatos existentes, os fatores positivos e as limitações da solução.</p>
3. Coleta de dados	<p>Relacionar os conteúdos específicos e profissionalizantes às atividades acadêmicas. Posteriormente, a partir do levantamento de desempenho acadêmico dos discentes realizado na Etapa 1, considerar a disciplina de desempenho crítico (menor que 45%). A partir do plano de ensino desta disciplina, selecionar o conteúdo específico e o procedimento técnico a ser objeto do desenvolvimento da pesquisa.</p>
4. Elaboração do projeto/Design instrucional pedagógico	<p>Considerando o procedimento técnico selecionado na etapa 3, definir as metas, ações, estrutura, estratégias e ferramentas de aprendizagem. As metas ou objetivos de aprendizagem estão ancorados na Taxonomia de Bloom. As ações seguem a abordagem pedagógica das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial.</p>
5. Construção do protótipo	<p>Relacionar os fundamentos didáticos aos fundamentos de engenharia, ou seja, adaptar as unidades de aprendizagem às tarefas do jogo. Estabelecer a mecânica do jogo a partir das abordagens pedagógicas das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial.</p>
6. Avaliação do artefato	<p>Apresentar o artefato a alunos do curso de graduação em engenharia civil e aplicar um questionário desenvolvido com respostas definidas conforme a escala Likert, desde concordo plenamente até discordo plenamente.</p>

Fonte: A Autora, 2020

Dessa forma, “após esse esforço intelectual inicial, há recompensa de se ter uma estrutura lógica a ser seguida no restante do trabalho, com a segurança de se abordar os problemas de acordo com suas respectivas naturezas” (GONÇALVES, 2018, p. 68).

Sob esse prisma, as seis etapas da pesquisa têm a pretensão de não somente estabelecer o que deve ser feito mas, sobretudo, de dizer como as atividades devem ser

executadas para que os objetivos da pesquisa sejam alcançados, culminando com a criação do protótipo do jogo educacional, a partir desse momento denominado EngiTech.

A descrição da estrutura desta pesquisa, bem como os procedimentos executados para sua realização, estão detalhados no Quadro 7.

Quadro 7 – Descrição das etapas da pesquisa

 Etapa 1: Identificação e contextualização do problema
<p>Esta etapa foi prevista para identificar as disciplinas do curso de engenharia civil com baixo desempenho discente, cujo resultado revela um problema de aprendizagem dos alunos. Para tanto, as atividades previstas nesta etapa aconteceram da seguinte forma:</p> <p>a) Escolher um curso de graduação em engenharia civil ofertado por uma Instituição de Ensino Superior (IES) avaliada com IGC¹⁰ 4 ou 5 pelo MEC para servir de objeto de investigação do problema da pesquisa - Essa seleção se deu por meio de consulta pelo <i>site</i> https://emec.mec.gov.br/emec/nova das IES ofertantes do curso de graduação em engenharia civil de forma presencial. O resultado desta consulta foi tabulado em planilha eletrônica. Uma vez que a seleção das IES foi padronizada pelo melhor IGC, foram destacadas as IES cujo acesso à informação acadêmica dos alunos fosse facilitado por meio de contatos previamente estabelecidos por esta pesquisadora com os dirigentes acadêmicos. Posteriormente, a IES foi definida e, conseqüentemente, seu respectivo curso de graduação em engenharia civil.</p> <p>b) Observar o comportamento dos alunos do curso de engenharia civil durante a apresentação de seus trabalhos acadêmicos ao público a fim de relatar, de forma textual, as percepções que motivaram a investigação, por meio da técnica de observação naturalista¹¹;</p> <p>c) Estudar o projeto pedagógico do curso (PPC), identificar e selecionar as disciplinas específicas e profissionalizantes em planilha eletrônica tipo <i>Excel</i>;</p> <p>d) Realizar e tabular, em planilha eletrônica tipo <i>Excel</i>, o levantamento de dados de desempenho dos discentes nas disciplinas selecionadas do curso de engenharia civil da IES livremente escolhida, por meio de consulta de informações acadêmicas disponíveis em sua plataforma de gestão educacional. As informações de interesse selecionadas são aquelas relativas ao desempenho dos alunos na AVIN¹², durante o período de 2015 a 2018. O período de 2015 a 2018 foi estabelecido tendo</p>

¹⁰ IGC significa índice geral de cursos e trata-se de um indicador de qualidade que avalia as instituições de educação superior do Brasil (INEP, 2020).

¹¹ É uma técnica de descoberta usada no processo de coleta de requisitos para entender o espaço do problema, ou seja, como o estudante está realizando suas tarefas, cujo objetivo é observá-lo em ação em seu próprio ambiente para entender melhor suas práticas atuais e suas necessidades, sem haver qualquer interação entre o usuário/estudante e o pesquisador (GEORGIA TECH, 2020).

¹² AVIN (avaliação integradora) é avaliação do desempenho do discente que compreende todo o conteúdo programático de cada disciplina e é utilizada pela alta direção e pelo corpo docente como principal referência para análise dos indicadores acadêmicos da IES.

em vista que, na ocasião da revisão da literatura, a IES havia oficializado a consolidação de seus registros acadêmicos até o ano de 2018.

e) Considerando que a IES admite como desempenho satisfatório para conclusão do curso o valor de 60% de aproveitamento¹³, deverão ser selecionadas e tabuladas, em planilha eletrônica, as disciplinas com desempenho inferior a 60%;

f) Analisar esses dados para confirmar se há ou não um problema conforme percebido na observação naturalista, considerando como referência de baixo desempenho (aprendizagem insuficiente para conclusão do curso) disciplinas cujos alunos tenham média de desempenho inferior a 60% e com desempenho crítico, aqueles de média inferior a 45%. Isso quer dizer, em ambas situações, as disciplinas com resultados de desempenho médio discente abaixo de 60% são consideradas como “problemas de aprendizagem”.

Etapa 2: Revisão da literatura (investigação)

Essa etapa é caracterizada pelo mapeamento sistemático da literatura na qual foi possível perceber como os *serious games* são avaliados como prática pedagógica, resultando na identificação dos fatores positivos e nas suas limitações de uso na educação profissional.

Para tanto, foram pesquisadas referências internacionais em base de dados científica, via acesso do Portal Periódicos CAPES/MEC. A plataforma utilizada foi a *Science Direct* com a delimitação de estudo de trabalhos desenvolvidos no período de 2015 a 2019. As palavras-chave utilizadas na plataforma *Science Direct* foram: *serious games*, *game-based learning* e *lean thinking*. Essas palavras-chave foram associadas via operador booleano *AND*, formando a seguinte *string* de busca: *serious games AND games-based learning AND lean thinking*.

Obtida a lista de artigos disponibilizados pela plataforma, foi feita a seleção dos artigos caracterizados como *research articles*. Posteriormente, foi realizada a leitura dos títulos e resumos buscando aderência ao tema e maior refinamento dos resultados. Após a seleção inicial dos trabalhos, foi realizada a leitura integral dos textos buscando alcançar o objetivo central dessa etapa metodológica: identificar os principais benefícios e as limitações relacionadas à aplicação dos *serious games* no ensino profissional.

Com o propósito de buscar informações atualizadas relacionadas a experiências sobre o tema desta pesquisa, tendo como cerne da questão o conhecimento referente à aplicação dos *serious games* digitais no ensino superior em engenharia, foi realizada uma segunda revisão sistemática da literatura referente ao estudo de trabalhos de 2020 até a presente data. As palavras-chave utilizadas na plataforma *Science Direct* nesse segundo momento foram: *digital serious games*, *game-based learning* e *higher education in engineering*. Essas palavras-chave foram associadas via operador booleano

¹³ A IES exige, de acordo com o projeto pedagógico do curso de engenharia civil, o desempenho mínimo de 60% nas unidades curriculares do curso para conferir o grau de engenheiro civil ao discente.

AND, formando a seguinte *string* de busca: *digital serious games AND games-based learning AND higher education in engineering*. Seguindo a mesma metodologia *SSF*, obtidos os artigos disponibilizados pela plataforma e buscando elevar o nível de conhecimento científico de melhor credibilidade internacional, além de serem selecionados os textos caracterizados como *research articles*, os artigos escolhidos para leitura integral foram advindos de periódicos cujo fator de impacto tenha sido maior que 3. Após a seleção inicial dos trabalhos, foi realizada a leitura integral dos textos buscando selecionar os *serious games* digitais usados no ensino superior de engenharia. Esse processo culminou no objetivo central dessa etapa metodológica: gerar uma relação de *serious games* aplicados no ensino superior de engenharia.

Etapa 3: Coleta de dados

Esta etapa visa escolher uma disciplina cujo desempenho discente seja inferior a 45% (desempenho crítico) para servir como tema para desenvolvimento do artefato. Isso foi feito a partir dos resultados obtidos na etapa 1 (identificação do problema). A partir dessa seleção, tendo como referência o PPC do curso, identificar as habilidades e competências requeridas correspondentes à disciplina escolhida e definir as metas de aprendizagem. Para isso, o plano de ensino da disciplina deve ser consultado por meio da plataforma de gestão de dados da IES. O resultado dessa etapa é a definição do conteúdo específico para servir de tema para o desenvolvimento do *design* instrucional do artefato.

Etapa 4: Elaboração do projeto / *design* instrucional

Considerando o ensino do procedimento técnico selecionado na etapa 3, esta etapa visa elaborar o *design* instrucional do jogo, cumprindo as seguintes tarefas com os respectivos recursos:

- a) Por meio da taxonomia de Bloom, definir os objetivos de aprendizagem alinhados às competências e habilidades específicas da disciplina;
- b) Tendo como referência os fundamentos pedagógicos das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial, definir as ações de aprendizagem; e,

A estrutura do projeto deve ser ancorada no suporte epistemológico da teoria da atividade, a fim de se identificar a rede de atividades relevantes do jogo.

Etapa 5: Construção do protótipo

Tendo como referência o framework LM-GM de Arnab et al. (2015), esta etapa tem o propósito de definir uma estrutura própria do protótipo do jogo EngiTech, de forma a vincular os objetivos de aprendizagem desejados aos objetivos instrucionais. Para isso, é usada a *engine* (motor do jogo)

*Unity*¹⁴ para viabilizar o uso da realidade virtual em dispositivos tipo smartphone. Para tanto, foi produzida a documentação básica para o desenvolvimento do protótipo (levantamento de requisitos do software, o product backlog, as histórias de usuários e os padrões do projeto) com o apoio de um especialista da área de engenharia de software.

Concomitantemente a isso, foi estabelecida a LM-GM do jogo resultando no mapeamento dos componentes para atender aos objetivos de aprendizagem propostos. Em seguida, construiu-se o fluxo de utilização do jogo e o workflow das simulações. Por fim, foi realizada a aderência dos atributos do jogo às teorias de aprendizagem abordadas. Essa etapa tem como principais resultados a demonstração da estrutura e do funcionamento do protótipo do EngiTech.

Etapa 6: Avaliação do artefato e determinação da importância da solução

Utilizando-se da avaliação de cenários (tipo de avaliação descritiva), esta etapa tem como objetivo a verificação da aceitação da ferramenta pelos usuários em potencial. Para isso, o protótipo foi apresentado a uma amostra composta por alunos de graduação em engenharia civil de 3 universidades brasileiras. Vários professores contribuíram para a coleta de dados enviando o vídeo para seus alunos por meio de grupos de *whatsapp*. Os alunos assistiram a um vídeo de 3 minutos com informações básicas sobre os objetivos do EngiTech e acompanharam seu funcionamento. A partir disso, os participantes foram solicitados a preencher uma pesquisa *online* por meio do *Google forms* contendo 8 declarações. Os dados foram coletados no período de 14 de junho 2021 a 22 de junho de 2021 e um total de 16 pesquisas válidas foram obtidas. Foi utilizada a escala Likert de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente) para todas as declarações. Esta etapa apresenta como resultado principal o percentual de aceitação do Engitech pelo usuário.

Para determinação da importância da solução, isto é, do jogo como recurso de aprendizagem, e para entender o contexto de estudo dos alunos quando não estão assistindo aula, foi realizada uma pesquisa com 48 alunos do curso de graduação em engenharia da Universidade de Brasília (Unb). Para isso, foram formuladas 3 perguntas, com espaço para respostas abertas, no *Google forms* cujo link foi enviado para o *whatsapp* particular de cada aluno.

Os dados foram coletados no período de 12 a 17 de julho e um total de 23 pesquisas válidas foram obtidas.

Fonte: A Autora, 2020

¹⁴ *Unity* é uma mecanismo de jogo multiplataforma (*game engine*) desenvolvido pela *Unity technologies*, sendo a plataforma mais acessada mundialmente para a construção de jogos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão demonstrados e discutidos os resultados obtidos a partir da execução de cada uma das etapas descritas na metodologia de pesquisa, gerando quatro focos principais de discussão: o problema, a investigação do tema por meio do mapeamento sistemático da literatura, a proposta da solução e a aceitação da solução pelo usuário.

4.1 Identificação e contextualização do problema – Etapa 1

a) Os resultados dessa etapa têm, como referência, as informações consultadas em documentos acadêmicos, administrativos e pedagógicos do curso de graduação presencial em engenharia civil relacionado a uma determinada Instituição de Ensino Superior (IES), ativa e em funcionamento regular, avaliada com IGC 5 pelo Ministério da Educação (MEC), nesse trabalho denominada apenas como IES. Os dados de desempenho acadêmico abordados referem-se a estudantes do curso de graduação em engenharia civil no período de 2015 a 2019.

b) Contextualização do problema: foi percebido, a partir da observação direta e de caráter naturalista, uma insegurança dos alunos quando em situações de apresentação de trabalhos, realizadas em seminários e feiras acadêmicas ocorridas no ambiente da IES.

Essa observação ocorreu, especificamente, com relação às atividades de apresentação pública de trabalhos realizadas pelos alunos do 7º período do curso em ambientes fora da sala de aula no dado período. Cabe destacar que os fatos observados ocorreram sem qualquer interação entre os alunos e o pesquisador.

Como resultado, foram levantadas as seguintes percepções com relação à maioria dos alunos:

- Apresentava dificuldades em interagir com seus interlocutores quanto as apresentações de trabalho eram realizadas em feiras acadêmicas;
- Mantinha demasiada atenção nos slides, como se estivessem lendo o que estavam dizendo, quando em apresentação de seminários;
- Demonstrava ansiedade com relação ao tempo estabelecido para apresentações de curto prazo (até 3 minutos).

Por meio da técnica de descoberta por observação naturalista, percebeu-se um indicativo de problema de aprendizagem demonstrado pela insegurança da maioria dos alunos quando em situação de apresentação pública de trabalhos acadêmicos.

b) Partindo de uma perspectiva observacional e a fim de dirimir qualquer dúvida sobre a percepção de que a aprendizagem dos alunos no contexto do curso de graduação em

engenharia civil estava insuficiente, foram levantados, quantitativamente, os dados de desempenho acadêmico dos discentes.

Para a busca dos dados acadêmicos relevantes, foi realizado o estudo do projeto pedagógico do curso (PPC), especialmente com relação:

- à matriz curricular do curso (ANEXO C);
- às metas de aprendizagem ou seja, competências e habilidades gerais e específicas do curso (ANEXO D);
- às métricas de aprendizagem (desempenho acadêmico discente).

Ainda que considerando todas as unidades curriculares do curso importantes na formação profissional do engenheiro civil, e não desprezando as disciplinas básicas e outras, foram selecionadas para fins de levantamento e análise de dados as disciplinas profissionalizantes e específicas do curso de engenharia civil (Tabela 9), uma vez que os alunos que cursam estas disciplinas já obtiveram desempenho acadêmico satisfatório em mais de 80% do total das disciplinas anteriormente ofertadas, como consta no projeto pedagógico do curso (PPC) de engenharia civil da IES.

Tabela 9 – Disciplinas específicas e profissionalizantes do curso de engenharia civil

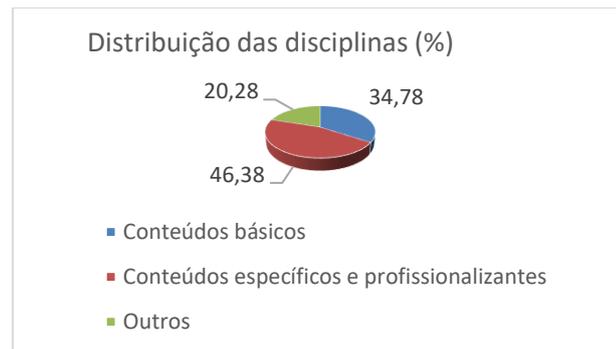
Conteúdo profissionalizante	Conteúdo específico
Físico-Química, Geologia, Geomorfologia e Pedologia, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, Topografia I, Topografia e Introdução ao Georreferenciamento, Teoria das Estruturas I, Mecânica dos Solos I, Geotecnia Ambiental, Tecnologia dos Materiais de Construção I, Teoria das Estruturas II, Mecânica dos Solos II, Hidrologia e Recursos Hídricos, Tecnologia dos Materiais de Construção II, Engenharia de Transportes e Trânsito, Hidráulica, Técnicas Construtivas, Ergonomia e Segurança do Trabalho	Arquitetura e urbanismo I, Arquitetura e urbanismo II, Concreto Armado I, Concreto Armado II, Fundações e Arrimos, Estrutura de Madeira e Metálica, Instalações Prediais I, Instalações Prediais II, Estrutura de Estradas, Engenharia Sanitária e Ambiental I, Engenharia Sanitária e Ambiental II, Optativa (Gestão Ambiental ou Perícia em Engenharia Civil), Orçamento e Planejamento de Obras, Pontes e Estruturas Especiais

Fonte: A Autora, 2020

As disciplinas objeto de análise foram selecionadas a partir da matriz curricular do curso e representam um total de 32 unidades curriculares, excluindo-se as atividades

complementares¹⁵. A consulta de dados de desempenho discente teve como foco as disciplinas específicas e profissionalizantes do curso porque tratam de conteúdos diretamente relacionadas à atividade prática do engenheiro civil, sendo consideradas área de aplicabilidade do conteúdo na profissão. Essas disciplinas representam, juntas, 46,38% do total de disciplinas da matriz curricular e tem impacto significativo não somente na carga-horária do curso, mas, especialmente, nos domínios das atividades técnicas profissionais (Figura 13).

Figura 13: Distribuição das disciplinas



Fonte: A Autora, 2020

Posteriormente foram consultadas as métricas de aprendizagem, concluindo que ao discente que obtiver 60% ou mais de aproveitamento acadêmico em cada unidade da matriz curricular do curso será conferido o grau de engenheiro civil.

c) Em seguida, foram levantados quantitativamente os dados de desempenho discente em cada disciplina selecionada. Os resultados de desempenho dos discentes foram extraídos da plataforma de gestão educacional da IES tendo como base de consulta, especificamente, as notas dos alunos na avaliação AVIN no período de 2015 a 2018. Após o levantamento das notas de todos os alunos e em todas as disciplinas selecionadas, foi realizado o cálculo da média aritmética de notas dos alunos na AVIN para cada disciplina para o dado período, conforme representado na Equação 1.

Equação 1 – Média de desempenho discente

$$D_j = \frac{\sum_{x=1}^n xi}{N_x} + \frac{\sum_{y=1}^n yi}{N_y} + \frac{\sum_{z=1}^n zi}{N_z} + \frac{\sum_{w=1}^n wi}{N_w}$$

Onde:

D_j = média de desempenho discente em cada disciplina no período de 2015 a 2018 ($J=1...32$)

i = disciplinas ($i = 1...32$)

x = nota dos alunos em cada disciplina no ano 2015

¹⁵ A unidade curricular denominada “Atividades complementares” trata-se de atividades externas à IES realizadas pelos discentes, tais como: cursos, visitas técnicas, workshops, congressos, feiras, dentre outros. Embora seja caracterizada no PPC como disciplina de conteúdo específico, está desconsiderada na Tabela 9.

Nx = número de alunos em cada disciplina no ano de 2015
 y = nota dos alunos em cada disciplina no ano 2016
 Ny = número de alunos em cada disciplina no ano de 2016
 z = nota dos alunos em cada disciplina no ano 2017
 Nz = número de alunos em cada disciplina no ano de 2017
 w = nota dos alunos em cada disciplina no ano 2018
 Nw = número de alunos em cada disciplina no ano de 2018

Os dados resultantes da média das notas estão representados no Quadro 8. É importante notar que o desempenho médio máximo discente foi 76,33%.

Quadro 8 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio na AVIN

DISCIPLINAS ESPECÍFICAS E PROFISSIONALIZANTES	MÉDIA DA NOTA DOS ALUNOS (%)
Arquitetura e Urbanismo I	58.25
Arquitetura e Urbanismo II	65.00
Concreto Armado I	65.00
Concreto Armado II	56.75
Engenharia de Transporte e Trânsito	56.75
Engenharia Sanitária e Ambiental I	46.50
Engenharia Sanitária e Ambiental II	49.25
Ergonomia e Segurança do Trabalho	63.75
Estrutura de Madeira e Metálicas	65.00
Estruturas de Estradas	56.75
Físico-química	50.00
Fundações e Arrimos	65.00
Geologia, Geomorfologia e Pedologia	50.00
Geotecnia Ambiental	76.33
Gestão Ambiental	44.00
Hidráulica	56.75
Hidrologia e Recursos Hídricos	65.00
Instalações Prediais I	56.75
Instalações Prediais II	48.25
Mecânica dos Solos I	66.58
Mecânica dos Solos II	53.25
Orçamento e Planejamento de Obras	44.00
Perícia em Engenharia Civil	41.25
Pontes e Estruturas Especiais	49.25
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento	56.75
Técnicas Construtivas	56.75
Tecnologia e Materias de Construção I	72.08
Tecnologia e Materias de Construção II	65.00
Teoria das Estruturas I	66.58
Teoria das Estruturas II	69.50
Topografia I	56.75
Topografia e Introdução ao Georreferenciamento	66.58

Fonte: A Autora, 2020

d) Após o levantamento de dados e análise dos resultados, pode-se concluir, conforme demonstrado no Quadro 9, que 59,38% do total de disciplinas está com desempenho discente médio inferior a 60%.

Quadro 9 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho médio discente inferior a 60% na AVIN

DISCIPLINAS ESPECÍFICAS E PROFISSIONALIZANTES	DESEMPENHO MÉDIO (%)
Perícia em Engenharia Civil	41.25
Orçamento e Planejamento de Obras	44.00
Gestão Ambiental	44.00
Engenharia Sanitária e Ambiental I	46.50
Instalações Prediais II	48.25
Engenharia Sanitária e Ambiental II	49.25
Pontes e Estruturas Especiais	49.25
Físico-química	50.00
Geologia, Geomorfologia e Pedologia	50.00
Mecânica dos Solos II	53.25
Concreto Armado II	56.75
Engenharia de Transporte e Trânsito	56.75
Estruturas de Estradas	56.75
Hidráulica	56.75
Instalações Prediais I	56.75
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento	56.75
Técnicas Construtivas	56.75
Topografia e Introdução ao Georreferenciamento	56.75
Arquitetura e Urbanismo I	58.25

Fonte: A Autora, 2020

e) Das 19 (dezenove) disciplinas com rendimento discente médio inferior a 60%, em 15,79% delas, a maioria dos alunos não alcançou ao menos 45% de aproveitamento (Quadro 10).

Quadro 10 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio inferior a 45% na AVIN

DISCIPLINAS ESPECÍFICAS E PROFISSIONALIZANTES	DESEMPENHO MÉDIO (%)
Perícia em Engenharia Civil	41.25
Orçamento e Planejamento de Obras	44.00
Gestão Ambiental	44.00

Fonte: A Autora, 2020

E, complementando as informações referentes ao levantamento e análise dos dados, apenas 40,63% das disciplinas, o rendimento médio discente foi superior a 60% (Quadro 11).

Quadro 11 – Relação das disciplinas específicas e profissionalizantes x desempenho discente médio superior a 60% na AVIN

DISCIPLINAS ESPECÍFICAS E PROFISSIONALIZANTES	DESEMPENHO MÉDIO (%)
Ergonomia e Segurança do Trabalho	63.75
Arquitetura e Urbanismo II	65.00
Concreto Armado I	65.00
Estrutura de Madeira e Metálicas	65.00
Fundações e Arrimos	65.00
Hidrologia e Recursos Hídricos	65.00
Tecnologia e Materias de Construção II	65.00
Mecânica dos Solos I	66.58
Teoria das Estruturas I	66.58
Topografia I	66.58
Teoria das Estruturas II	69.50
Tecnologia e Materias de Construção I	72.08
Geotecnia Ambiental	76.33

Fonte: A Autora, 2020

Como conclusão desta etapa, considera-se que os resultados encontrados são considerados de alta relevância para o presente estudo pois evidenciam um grave problema de aprendizagem do conteúdo específico e profissionalizante do curso de engenharia civil, uma vez que em 19 (dezenove) unidades curriculares, tais como, Instalações Prediais, Concreto Armado, Estruturas de Estradas, Técnicas Construtivas, Orçamento e Planejamento de Obras, entre outras, a maioria dos alunos foi avaliada com conhecimento insuficiente nessas áreas.

A partir disso, procedeu-se à revisão sistemática da literatura para identificação dos artefatos existentes e dos fatores positivos e limitações do uso dos *serious games* como potencializador da aprendizagem dos alunos no universo do ensino superior.

4.2 Revisão sistemática da literatura – Etapa 2

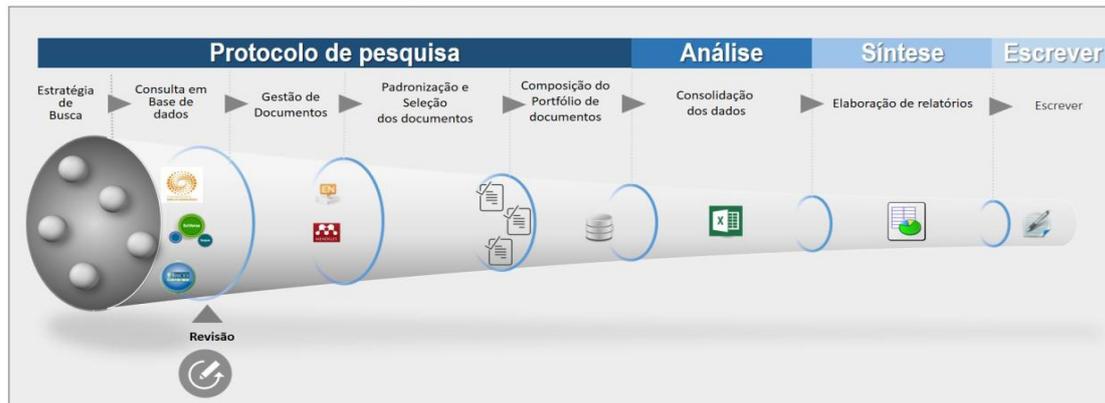
A revisão de literatura pelo tipo “sistemática” está fundamentada na investigação científica através de um processo rigoroso e explícito para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e escrever as contribuições relevantes à pesquisa. É uma revisão feita com planejamento e reunião de estudos originais, sintetizando os resultados de múltiplas investigações primárias através de estratégias que limitam vieses e erros aleatórios (FERENHOF; FERNANDES, 2019).

Essa etapa do trabalho tem como objetivo responder à primeira questão da pesquisa (Q1) “os *serious games* podem ser uma ferramenta potencializadora da aprendizagem?”, pois visa buscar o entendimento, por meio da revisão sistemática da

literatura, dos benefícios e das limitações dos jogos educacionais encontrados em estudos científicos internacionais.

A abordagem da revisão na presente pesquisa teve como base o método *Systematic Search Flow*, sendo composto por quatro fases e oito atividades, estruturadas conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 - *Systematic Search Flow*



Fonte: Ferenhof e Fernandes, 2019

Na Fase I foi definido o protocolo de pesquisa e, na sequência, foram identificadas as leituras de interesse, onde foram selecionados 55 trabalhos classificados pela plataforma *Science Direct* como “*research articles*”. De posse dessa seleção, foi iniciada a padronização dos artigos por meio das leituras dos títulos, resumos, objetivos e palavras-chave. Após esta filtragem, procedeu-se à elaboração do portfólio de artigos, com a leitura integral dos mesmos, visando eliminar aqueles que não possuíam aderência à temática sob investigação. Após a realização das atividades supracitadas, a composição do portfólio bibliográfico resultou em 21 artigos.

Na Fase 2, dedicada à análise: com vistas à consolidação dos dados, construiu-se uma planilha eletrônica contendo: autores, ano, título, veículo de publicação, fator de impacto das publicações, palavras-chave, países envolvidos, tipo de aplicação (*Serious Games*, Simulações, Fábricas de aprendizagem), finalizando, com isso, essa etapa.

A partir da conclusão da Fase 2, iniciou-se a Fase 3 (Síntese) por meio da construção da matriz do conhecimento dos 21 artigos, onde se acrescentou a metodologia, objetivos e considerações de cada trabalho selecionado, buscando extrair e organizar os dados advindos da análise dos artigos.

Visando a consolidação dos resultados obtidos, a Fase 4 (Escrever) foi elaborada com destaque para os achados referentes aos fatores positivos e limitações dos “*Serious Games*” (APÊNDICE I), conforme demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10: Fatores positivos e limitações dos *Serious Games*

Fatores positivos	Limitações
<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem experimental; alta escalabilidade; permitem caminhos de aprendizagem individuais/personalizados; facilitam a aquisição do conhecimento; trabalham habilidades como liderança, trabalho em grupo, planejamento, gestão estratégica e aprendizado de forma autônoma; melhoram a produtividade e o engajamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Demandam recursos em tecnologia avançada da informação; necessidade de considerar a coordenação de uma variedade de componentes na criação e avaliação de jogos; entendimento do conceito de jogos como lazer (preconceito); dificuldade de integração ao currículo acadêmico; dificuldade de aceitação pelos docentes

Fonte: Avelar e Carvalho, 2019

Diante desses achados, cabe destacar que os *serious games* possuem, dentre outros, a aprendizagem experiencial e a facilidade de aquisição do conhecimento como fatores positivos, motivos considerados de alta relevância para o desenvolvimento desta pesquisa. Não obstante seja importante salientar que a dificuldade de aceitação dos *serious games* pelos docentes e a demanda de tecnologia avançada sejam fatores preocupantes.

No presente trabalho, a limitação identificada na literatura com relação à necessidade de recursos avançados de tecnologia da informação foi sanada com a adoção de uma *engine* de jogo para funcionar em aparelhos móveis tipo *smartphones*, o que requer muito menos recursos tecnológicos e de hardware do que os sistemas requeridos para uso em computadores.

Outra limitação é a necessidade de se coordenar vários componentes na criação e avaliação de jogos. De fato, as equipes de *design*, arte, *software* e pedagogia devem trabalhar juntas para produzir um *SG* (Zyda, 2005). Isso requer o envolvimento de diversas frentes de trabalho.

Ainda com relação às limitações, o entendimento de que jogos são usados apenas para o lazer, isso aliado à dificuldade de aceitação pelos docentes são barreiras que devem ser transpostas por meio da facilidade do acesso à ferramenta, à qualidade do produto e à “não” obrigatoriedade de sua utilização, pois, segundo, Thompson et. al (2007), os jogos somente são úteis se forem jogados pelo desejo do usuário.

Os *SGs* no ensino superior são utilizados para a aquisição de conhecimentos e habilidades aplicadas a uma determinada disciplina, módulo ou conteúdo específico. As características interativas, participativas e envolventes dos jogos e sua orientação para a resolução de problemas levam à suposição de que os jogos podem ser usados para melhorar a aprendizagem e o ensino.

Além disso, a proposta do jogo apresentada neste trabalho tem o sentido de constituir uma ferramenta de aprendizagem acessível diretamente ao usuário, independentemente da demanda de uma atividade acadêmica pelo professor.

A abordagem e a metodologia da revisão da literatura estão detalhadamente descritas no artigo intitulado “Literature Mapping of the Use of Games for Learning Correlating with Lean: A Systematic Review” (AVELAR; CARVALHO, 2019).

A fim de buscar informações atualizadas relacionadas a evidências empíricas sobre o tema desta pesquisa foi realizada, com o objetivo de gerar uma relação de *serious games* usados no ensino superior de engenharia, uma segunda revisão sistemática da literatura por meio da mesma metodologia *SSF*.

Com o *string* de busca *digital serious games AND games-based learning AND higher education in engineering*, foram selecionados 166 artigos correspondentes ao período de 2019 até a presente data.

Após o refinamento inicial da pesquisa, cujo interesse se deu para textos caracterizados como “*research articles*”, foram selecionados 61 artigos para leitura de títulos e resumos. Nesse processo foi incluído a investigação do fator de impacto dos periódicos correspondentes.

Em seguida, e tendo sido selecionados os periódicos com fator de impacto maior que 3, procedeu-se à leitura integral de 27 artigos. Após a leitura dos textos em sua integralidade, houve a seleção de 18 artigos cujos conteúdos foram considerados de maior contribuição para esta pesquisa (APÊNDICE II).

Por fim, para atingir o objetivo central dessa etapa metodológica, foram identificados 10 *serious games* abordados nos estudos selecionados (Quadro 12).

Quadro 12 – Relação dos *Serious Games* encontrados na literatura

Jogo	Ideia central	Abordado pelos Autores
CONNECTADO	Conscientização sobre bullying e cyberbullying	Calvo-Morata et al., 2020
Red vs Blue	Modelar cenários de exercícios para tomada de decisões de segurança cibernética	Yamin et al., 2021
HackLearn	Simulador de segurança cibernética	katsantonis et al., 2021
<i>Quake Safe House</i>	Reduzir riscos de desastres	Gampell et al., 2021
Recovery Rapids	Comunicar o risco e minimizar a distância psicológica em relação à poluição ambiental	Fox et al., 2020
IGNYS	Treinamento e conscientização sobre incêndio	Morélot et al., 2021

Jogo	Ideia central	Abordado pelos Autores
MHT	Desenvolver estratégias de mitigação para perigos relacionados com a qualidade água	Teague et al., 2021
FPL	Determinar a localização das instalações de uma empresa por tipos de custos	Vargas-Santiago et al., 2021
-	Aumentar as habilidades industriais do setor de energia eólica	Garcia et al., 2021
BIM-game	Desenvolver um novo processo de <i>design</i> para aprimorar o projeto arquitetônico e a visualização	Yan et al., 2021

Fonte: A Autora, 2021

No entanto, a quantidade de experiências nesse campo é muito pequena, uma vez que, embora todos os artigos abordassem o uso dos *serious games* como ferramenta de ensino, dos 61 artigos relacionados ao *string* de busca, somente 10 se referem efetivamente ao desenvolvimento de “jogos educacionais” com validação no ensino de engenharia, ou seja, representam, apenas, 16,39% dos trabalhos estudados. A par desta constatação, acredita-se que há um vasto campo do conhecimento a ser explorado por meio de aplicações desses tipos de artefatos para o ensino de engenharia, principalmente sob o aspecto dos jogos desenvolvidos com a tecnologia de realidade virtual.

4.3 Coleta de dados – Etapa 3

Essa etapa tem como objetivo o levantamento de dados relevantes para subsidiar o *design* instrucional do jogo.

“Para a formação dos graduandos do curso de Engenharia Civil, considera-se que a estrutura curricular possa assegurar o conteúdo específico mínimo necessário à formação do profissional da área” (IES, 2018). Nesse contexto, ainda segundo a IES (2018), a matriz curricular do curso (ANEXO C) “objetiva garantir as competências e habilidades necessárias à atuação do engenheiro civil, relacionando-as com as atividades acadêmicas ofertadas no curso” (ANEXO D).

Seguindo esta trilha e sabendo das habilidades e competências requeridas pelo curso e, ainda, conhecendo as disciplinas de menor aproveitamento acadêmico dos alunos, definiu-se como unidade curricular para desenvolvimento da solução a disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras”.

Posteriormente, foram selecionadas as habilidades e competências requeridas para a unidade curricular escolhida (Quadro 13), pois estas são norteadoras dos objetivos instrucionais, os quais subsidiarão o desenvolvimento do artefato.

Quadro 13: Competências e habilidades gerais e específicas da disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras”

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES GERAIS	COMPETÊNCIAS E HABILIDADES ESPECÍFICAS
Aplicar conhecimentos matemáticos, acadêmicos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia	Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos
	Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia
	Identificar, formular e resolver problemas de engenharia
	Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia

Fonte: IES, 2018

Com base nas competências e habilidades requeridas para a disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras”, espera-se que o artefato de aprendizagem seja capaz de promover a aplicação de conhecimentos matemáticos e resolver problemas de engenharia relacionados à disciplina selecionada.

Justifica-se a escolha da disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras” porque, além de possuir desempenho discente insatisfatório, refere-se a conteúdos aderentes ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC-UNB), não obstante, tratar-se de unidade curricular em que os alunos precisam possuir o entendimento de todos os demais conteúdos do curso para alcançar um bom desempenho acadêmico.

Em seguida, procedeu-se ao estudo do plano de ensino da disciplina selecionada (ANEXO E) e, a partir disso, foi definido o conteúdo específico para servir de objeto do *design* instrucional pedagógico.

Dessa forma, foram extraídos do plano de ensino os conteúdos específicos “referência de custos” e “custos diretos” para serem desenvolvidas e posteriormente trabalhados no jogo.

4.4 Elaboração do projeto / *design* instrucional – Etapa 4

O *design* instrucional “refere-se tanto ao processo de concepção e desenvolvimento de uma solução definida e visível quanto ao produto resultante desse processo” (FILATRO e CAIRO, 2015, pg.146)

Nessa etapa, o *design* instrucional do jogo foi estabelecido com foco na pedagogia da aprendizagem, tendo como teorias subjacentes a taxonomia de Bloom e as teorias de aprendizagem construtivista e experimental. A estrutura pedagógica do processo de ensino foi desenvolvida com a finalidade de apoiar o desenvolvimento do protótipo de um *serious games* para o ensino dos conteúdos “referências de custos” e “custos diretos” de forma prática.

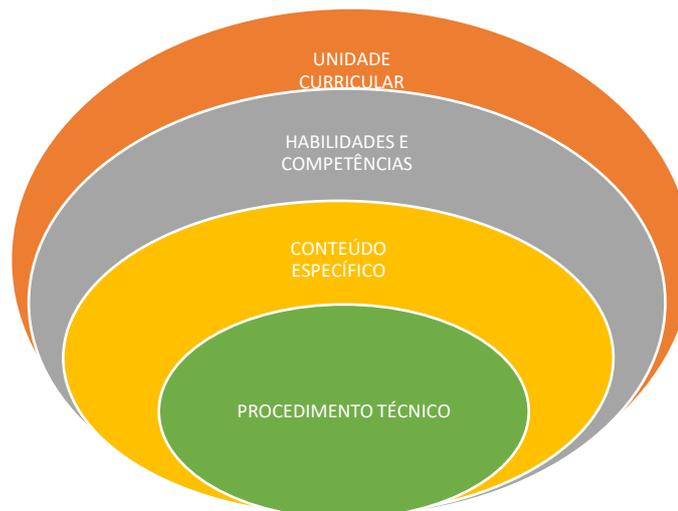
Esta etapa contempla o planejamento e o *design* da situação didática propriamente dita (FILATRO, 2008). As informações estão expressas por meio das unidades de aprendizagem, matriz de DI e projeto dos componentes instrucionais.

A fim de definir uma tarefa alvo, objeto do cenário do jogo, foi extraída do conteúdo específico, a unidade de aprendizagem “cálculo de custos de materiais para execução de paredes de vedação de um dado projeto”, o qual denomina-se “procedimento técnico”.

“Aprender sobre procedimentos equivale a aprender sobre sequências. Um procedimento é uma ação passo a passo para alcançar uma tarefa” (YUSOFF, 2010).

No presente trabalho, entende-se por procedimento técnico uma atividade a ser executada orientada por normas, métodos e regras, advindas do conteúdo específico de determinada unidade curricular de aprendizagem, constante do plano de ensino da disciplina, conforme demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Definição do procedimento técnico



Fonte: A Autora, 2019

A partir disso, foram definidos os objetivos, as ações e as ferramentas de aprendizagem para o ensino do procedimento técnico. A intenção do *design* instrucional nesse momento, seguindo as recomendações de Filatro e Cairo (2016), é identificar claramente:

- i. O que se deve saber – conteúdos conceituais; e,
- ii. O que se deve saber fazer – conteúdos procedimentais (habilidades).

Nesse entendimento e com base na taxonomia de Bloom revisada, os domínios cognitivos definidos para o desenvolvimento do presente projeto são: lembrar, entender, aplicar, sendo esses de ordem inferior, e, analisar, avaliar e criar, sendo esses considerados de ordem superior.

Foram definidas, posteriormente, as ações de aprendizagem, ou seja, aquelas consideradas necessárias para se atingir o domínio dos níveis cognitivos estabelecidos, previamente denominados objetivos de aprendizagem, bem como os resultados esperados (Tabela 11).

Tabela 11 - Ações de aprendizagem e resultados esperados

Domínios (nível cognitivo)	Definição dos níveis	Ações de aprendizagem alvo	Resultados de aprendizagem
Lembrar	Recupere conhecimentos relevantes da memória de longo prazo. Esse é o nível do aprendizado por rotina - os alunos podem memorizar informações e replicá-las nos exames para aprovação.	Ler, identificar, reconhecer	O aluno irá recordar ou reconhecer informações, ideias e princípios na forma (aproximada) em que foram aprendidas.
Entender	Construir significado a partir de mensagens instrucionais, incluindo comunicação oral, escrita e gráfica. Os resultados da aprendizagem nesse nível são um passo mais alto que o simples material de lembrança, mas ainda é uma habilidade de raciocínio de ordem inferior.	Interpretar, relacionar	O aluno traduz, compreende ou interpreta informação com base em conhecimento prévio. Os alunos relacionam as novas informações com os conhecimentos já adquiridos.
Aplicar	Realize ou use um procedimento em uma determinada situação. Os resultados da aprendizagem nessa área exigem um nível de entendimento mais alto do que o nível anterior (mas eles ainda têm um nível de raciocínio de ordem inferior).	Aplicar, calcular, resolver, executar ação/tarefa	O aluno seleciona, transfere e usa dados, referências e princípios para resolver um problema ou completar uma tarefa com um mínimo de supervisão.
Analisar	Quebre o material em partes e determine como as partes se relacionam entre si e com uma estrutura ou propósito geral. Os resultados da aprendizagem aqui exigem níveis mais altos de habilidades de pensamento de ordem superior, pois exigem que os alunos entendam o conteúdo e a forma estrutural do material.	Analisar, diferenciar, discriminar, distinguir, selecionar, organizar, integrar, delinear, estruturar, atribuir	O aluno distingue, classifica, organiza e relaciona pressupostos, hipóteses, evidências ou estruturas de uma declaração ou questão.
Avaliar	Faça julgamentos com base em critérios ou padrões. Os resultados da aprendizagem exigem que os alunos usem habilidades de pensamento crítico e de ordem superior, pois contêm todos os elementos dos níveis anteriores, com a adição de julgamentos de valor baseados em critérios claramente definidos.	Avaliar, verificar, coordenar, detectar, monitorar, testar, criticar, julgar	O aluno é capaz de verificar, testar e criticar o próprio trabalho
Criar	Juntar elementos para formar um todo; reorganizar os elementos em uma nova estrutura. Os resultados da aprendizagem nesse nível promovem o pensamento de ordem superior, o pensamento crítico, a criatividade, a solução de problemas e são o tipo mais rico de experiências que se pode proporcionar aos alunos.	Criar, gerar, hipotetizar, planejar, projetar, produzir, construir	O aluno é capaz de produzir, gerar ou construir novas soluções ou produtos ou soluções diferentes para um determinado problema.

Fonte: A Autora, 2021

As ações de aprendizagem destacadas na Tabela 6 são aquelas que os alunos (jogadores) deverão executar durante o uso do artefato (jogo) a fim de que seja garantida a aprendizagem do conteúdo abordado até o nível de ordem superior da taxonomia de Bloom (criar).

As ações de aprendizagem foram definidas em função dos objetivos, isto é, das metas de aprendizagem consideradas para o *design* instrucional do procedimento técnico, ou seja, resolver o problema de cálculo dos custos dos materiais para construção de uma parede de vedação aplicando conhecimentos matemáticos e acadêmicos.

Foram definidas, em sequência, as ações de aprendizagem relacionadas aos seis níveis dos domínios cognitivos desejados para realizar a tarefa de cálculo dos custos, sendo elas:

- i) lembrar dos conceitos de custos e interpretar os custos advindos da referência de custos SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil);
- ii) selecionar os materiais e seus custos diretos e relacioná-los aos serviços;
- iii) aplicar os dados e calcular os custos da tarefa;
- iv) analisar a seleção da composição de custos relacionada ao serviço; v) verificar e testar o impacto desta seleção de custos na tarefa; e,
- vi) produzir a solução mais adequada ao problema.

Sabendo desses elementos necessários, o planejamento instrucional foi sintetizado na forma da matriz de *design* instrucional (MDI) conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Matriz de *design* instrucional

Elementos da matriz	Descrição dos elementos	Descrição dos elementos
Tópico tarefa /	Nome da atividade	Calcular os custos de material para construção de paredes de um dado projeto
Objetivos	Resultados pretendidos da unidade que revelam o que o aluno deverá fazer ou aprender	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lembrar conceitos relativos a custos e referência de custos; ✓ Interpretar dados; ✓ Aplicar os conceitos; ✓ Relacionar os dados identificados e as demais informações na tarefa; ✓ Analisar e criticar os dados relacionados; ✓ Construir a solução.
Descrição	Resumo da proposta da atividade e como ela será realizada	Os alunos deverão se lembrar dos conceitos de custos diretos e das metodologias de referência de custos. Deverão ser capazes de interpretar os custos do Sinapi de modo a aplicá-los à tarefa que se deseja executar. O levantamento de custos deverá ser realizado tendo conhecimento do fluxo de produção do serviço a ser orçado. Os alunos, através da experiência virtual, perceberão o sequenciamento das atividades da obra para o cálculo dos custos e os impactos desses custos no resultado final.

Elementos da matriz	Descrição dos elementos	Descrição dos elementos
Prazo	Prazo para realização da atividade	1 hora
Recurso	Ferramentas necessárias para o aluno realizar a atividade	Acadêmicos: ver ferramentas de aprendizagem Físicos: <i>smartphone</i> e suporte tipo óculos para <i>smartphone</i>
Mediação	Atuação do educador durante a realização da atividade	Sem mediação
Avaliação	Como a atividade será avaliada	O resultado do orçamento dentro de um intervalo aceitável (até 15% em comparação com o orçamento previsto)

Fonte: A Autora, 2020

Dessa forma, a MDI (Tabela 7) foi construída tendo como referência as ações de aprendizagem e os resultados esperados (Tabela 6).

Para completar a construção do processo de ensino, tendo em vista as abordagens construtivista e experiencial que conduzem a uma aprendizagem prática, foram identificados e definidos os recursos de aprendizagem para serem trabalhados com base nas ferramentas propostas por Almerico e Baker (2004), conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 - Ferramentas de aprendizagem

Categoria	Elementos definidos
Informação gráfica	Informação gráfica
Interação	Experiência, simulação
Multimídia	Jogo virtual
Solução de problemas	Problema, desafio
Informação textual	Quadro de avisos, informações, normas, dicas, vídeo-aulas

Fonte: A Autora, 2020

Estabeleceu-se, assim, que, para se atingir os resultados esperados (tabela 6) é necessário que o artefato de aprendizagem a ser desenvolvido seja:

- uma simulação para garantir a interação;
- um jogo virtual como recurso multimídia;
- de conteúdos voltados à solução de problemas e desafios;
- de apoio, com materiais de referência.

Pode-se concluir, portanto, que esta etapa respondeu às questões fundamentais do *design* instrucional, em que os propósitos educacionais foram evidenciados na medida em que se definiu que o aluno deve saber fazer o cálculo do custo de materiais de construção; a experiência educacional possibilitadora do alcance desse objetivo é a aprendizagem baseada

em jogos por meio do uso da tecnologia de realidade virtual imersiva; essa experiência está organizada em um processo de ensino estruturado na taxonomia de Bloom e nos pilares das aprendizagens construtivista e experiencial; e a verificação do alcance dos objetivos está alicerçada na conexão entre a mecânica da aprendizagem e a mecânica do jogo, sendo esta demonstrada na próxima etapa (construção do protótipo).

4.5 Construção do protótipo – Etapa 5

Esta etapa busca definir uma estrutura própria do protótipo do jogo educacional, baseada nos fundamentos da teoria da atividade, de forma a vincular os objetivos de aprendizagem desejados aos objetivos instrucionais, descrevendo como os elementos do jogo contribuem para a realização dos objetivos pedagógicos desejados.

Sabendo-se que os *serious games* são tipicamente usados no contexto de pelo menos três atividades: a atividade de jogo, a atividade de aprendizagem e a atividade instrucional (Carvalho et. al., 2015), é proposto um caminho para se alcançar o conhecimento procedimental, tal como definido na taxonomia de Bloom revisada (ANEXO II), por meio do jogo EngiTech e, assim, responder à segunda questão da pesquisa (Q2) “de que forma um *serious game* pode promover a interação do conhecimento teórico com sua aplicação profissional?”.

Para tanto, foi adotado como referência o “*Learning Mechanics – Game Mechanics (LM – GM)*”, modelo de Arnab et al. (2015), pois este estabelece os componentes que traduzem as práticas pedagógicas (“mecânica de aprendizagem”) e a mecânica de jogo.

Uma limitação do *LM-GM* é que ele não expõe a conexão entre a mecânica do jogo e os objetivos educacionais que o jogo deve atingir.

Com vistas a preencher essa lacuna, foi construída uma estrutura própria para evidenciar os objetivos de aprendizagem e seu vínculo com os objetivos instrucionais por meio de um motor de jogo com a finalidade de ensinar um conteúdo específico com o uso da tecnologia de realidade virtual imersiva em um dispositivo *mobile*.

Essa estrutura foi pautada nos resultados da etapa 1 (identificação do problema) e na documentação do software desenvolvida por um especialista da engenharia de software, tais como: levantamento de requisitos funcionais e não-funcionais, *product backlog* e histórias de usuários, disponível em https://github.com/GustavoAPS/EngiTech_Documentation.

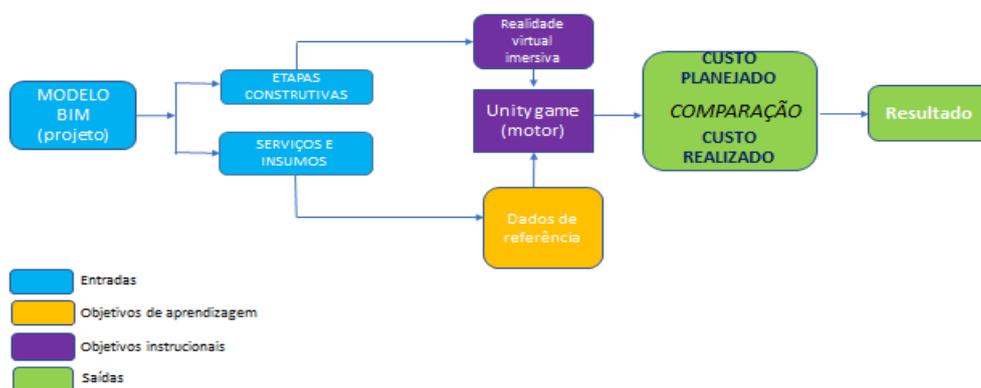
Neste trabalho, a mecânica da aprendizagem refere-se ao funcionamento dinâmico da aprendizagem, modelado com base em teorias da aprendizagem e princípios pedagógicos. Isso engloba os componentes (objetivos específicos, tarefas, atividades,

métodos) que compõem uma estratégia de aprendizagem, instruções ou processo influenciados pelo contexto da aprendizagem.

Nesse sentido, de forma a passar domínio do problema (ensinar conteúdo) para o desenvolvimento do protótipo (como ensinar o conteúdo), é necessário passar pela descrição do modelo conceitual do sistema (Figura 16), conferindo uma representação da situação e os elementos do mundo real (dados de entrada e dados de saída) que se inter-relacionam, por meio de um sistema para visualização de um serviço de construção civil, com a estimativa de seus custos e fazendo uso dos recursos da realidade virtual (RV) como ferramenta de imersão e um jogo como ambiente de simulação da atividade. Esses recursos de RV e de jogo são advindos do mecanismo de jogo multiplataforma desenvolvido pela *Unity Technologies*.

Esse modelo servirá de apoio para criar uma estrutura validável (protótipo), descrevendo as maneiras como os elementos do jogo serão conectados uns aos outros ao longo da narrativa e como esses elementos contribuem para a realização dos objetivos pedagógicos desejados.

Figura 16 – Modelo conceitual



Fonte: A Autora, 2021

O objetivo é permitir aos alunos: (1) uma experiência imersiva usando a RV para entender como se dá o processo construtivo; (2) selecionar os insumos de acordo com os serviços inerentes à etapa construtiva; (3) receber o custo atualizado dessas etapas à medida que os serviços são executados e seu impacto no preço final em tempo real; e (4) receber o *feedback* com o custo do serviço realizado em comparação ao custo planejado.

Para isso, o modelo proposto combina um projeto em *BIM* (*Building Information Modeling*) e um banco de dados de custos implantados em um motor de jogo (*Unity*) em um ambiente em RV, ou seja, a etapa inicial envolve a integração de um projeto de construção em *BIM*, com suas etapas construtivas, serviços e insumos. A partir disso, os dados de entrada do jogo são modulados para que o sistema funcione em *smartphones* e os dados de referência relacionados às composições de custos (SINAPI) são inseridos no sistema.

As instruções de aprendizagem ocorrem durante o jogo e pelo fato de ser uma simulação em realidade virtual em que o aluno executa, de forma autônoma, as tarefas no sistema, os aspectos das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial estão embutidos nessa estratégia e na tecnologia de ensino. Esse processo instrutivo levará o aluno a alcançar os resultados de aprendizagem definidos na taxonomia de Bloom para essa atividade.

Davidson et al. (2020) apresentaram um sistema chamado *BIM virtual reality system (BVRS)*, onde os dados *BIM* são integrados automaticamente em um ambiente RV. Seu sistema *BVRS* proposto permite atualizar as alterações no *Revit* da *Autodesk* em um modelo virtual em tempo real. No entanto, esse sistema demanda recursos como *hardwares* de alta potência e acessórios para navegação em RV como óculos tipo *Rift* (Figura 17).

A abordagem do sistema proposto neste trabalho requer recursos físicos de menor potência o que possibilita seu funcionamento em aparelhos tipo *smartphones*, no sistema operacional *Android* e um óculos para navegação em RV podendo ser feito artesanalmente em papelão ou plástico.

Essa solução foi pensada para a viabilizar a utilização dos benefícios do *BIM* em dispositivos *mobile*. Usando o projeto da construção em *BIM*, pode-se extrair dele os dados de interesse para criar os modelos 3D usados pela *engine Unity*. Tendo os modelos 3D representados na *engine*, não há grandes barreiras técnicas para o seu desenvolvimento.

Para a simulação em realidade virtual, o jogo é executado em celulares junto a um suporte simples que pode ser adquirido no mercado (Figura 18) ou feito artesanalmente em plástico ou papelão (Figura 19).

Figura 17 – Óculos Rift



Figura 18 – Suporte para celular



Figura 19 – Suporte/Óculos artesanal



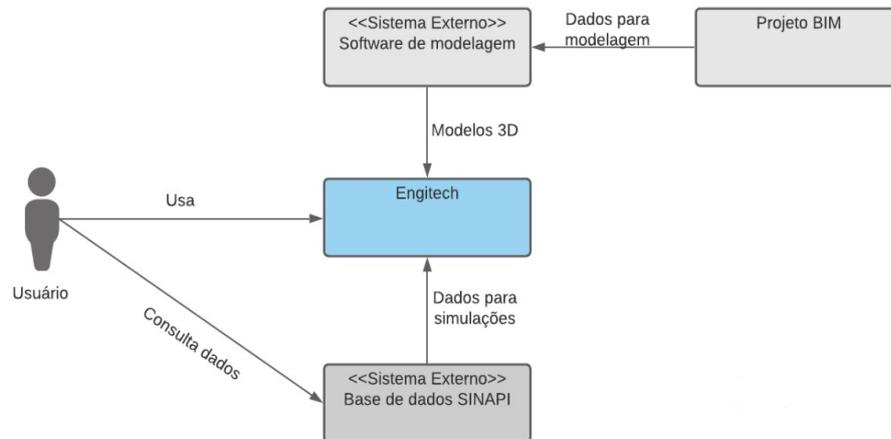
Fonte: www.google.com, acessado em 12/06/2021

Considera-se que os recursos requeridos para o uso desta tecnologia (*smartphone* e óculos RV artesanal) seja acessível à grande maioria das pessoas, tornando essa solução de fácil acesso entre a população de estudantes universitários.

Para executar o modelo proposto (Figura 16), buscou-se, no próximo passo, definir a estrutura hierárquica da atividade a ser executada pelo usuário, conforme definida na

teoria da atividade. Assim, foi desenvolvida a arquitetura geral do sistema em que o *game* está inserido, representada no diagrama de contexto (Figura 20).

Figura 20 – Diagrama de contexto do sistema



Fonte: A Autora, 2021

O sistema possui quatro componentes-chave, e cada um conta com a saída da etapa anterior, que inclui: (1) extração de dados do projeto em *BIM*; (2) conversão dos dados para módulos 3D da *engine Unity*; (3) visualizações interativas dos serviços de construção, (4) seleção dos insumos, juntamente com o impacto de custo associado a essa seleção.

O jogo tem como dado de entrada um projeto em *BIM* que vai funcionar como base para a criação dos modelos tridimensionais usados no *game engine Unity*. Essa modelagem é feita em *softwares* como o *Blender* ou o *Maya*, sendo importante que os arquivos dos modelos estejam formatados em *FBX*, *.obj*, *.dx*, ou *.blend*.

A partir do momento em que esses modelos estiverem salvos no *Unity*, eles serão transformados em *GameObjects*, podendo então sofrer ajustes gráficos e técnicos para que melhor atendam às necessidades de *gameplay* e simulação.

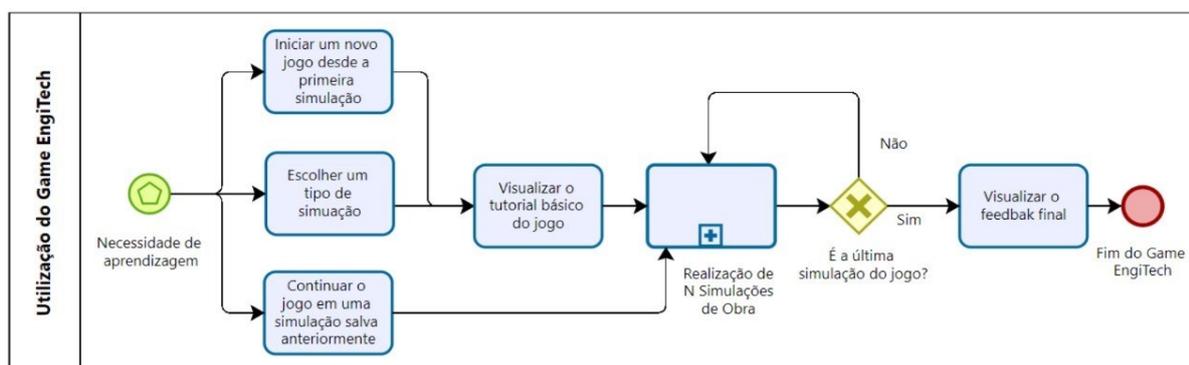
Esses *GameObjects* serão usados também para formar *Prefabs*, caso seja necessária a sua reutilização em outras cenas do jogo, isso devido ao fato de os *prefabs* são instâncias pré-configuradas dos *GameObjects*.

Outro ponto importante demonstrado no diagrama de contexto do sistema é o *input* de dados a partir de uma base de dados real, nesse caso o SINAPI. Esses dados são indispensáveis para configurar elementos do *gameplay*, como o custo dos materiais e a composição de serviços. Esses dados juntamente com as informações do progresso do jogador são salvos em sistema de persistência de dados simples que usa arquivos locais e *JSON* como formatador.

A lógica do Engitech é a simulação de situações, cujo objetivo é mostrar ao aluno o que acontece a partir das decisões dele. Como a tarefa é realizar o levantamento de custos do material para a compra desses insumos destinados à construção de um determinado elemento de um projeto (necessidade de aprendizagem), uma simulação acontece à medida que o aluno toma sua decisão. A partir disso, o usuário escolhe o caminho de aprendizagem que deseja seguir, podendo decidir: i) percorrer toda a trajetória, isto é, começar o jogo desde a primeira simulação estabelecida pelo sistema; ii) escolher a simulação que deseja aprender e, iii) continuar o jogo a partir da última simulação realizada.

O jogo oferece um tutorial para orientar a execução da tarefa, com dados do projeto, do processo construtivo e da linha de produção do serviço. Inicia-se, a partir disso, a simulação de acordo com as decisões do aluno. Após a realização de diversas simulações N, o aluno recebe o *feedback* final, conforme demonstrado no fluxo de utilização do jogo representado no diagrama de utilização do jogo (Figura 21).

Figura 21 – Diagrama de utilização do jogo



Fonte: A Autora, 2021

Para que as simulações sejam realizadas com suporte pedagógico, estão disponíveis no ambiente do jogo os dados de referência. Esses dados de referência podem ser desde as composições de custos e especificações técnicas do projeto (dados técnicos) a vídeos do processo construtivo relativo à tarefa, vídeo-aulas, notas de aula, dentre outros dados de apoio.

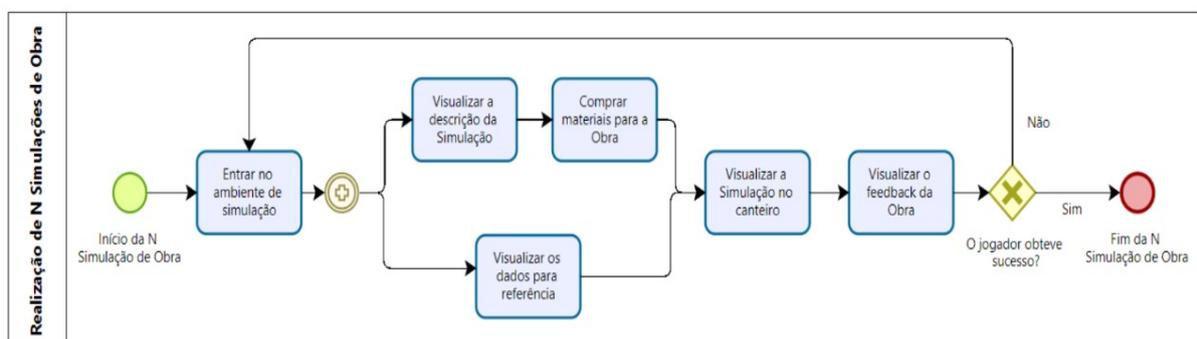
Tendo o entendimento do projeto, do processo construtivo e da sua linha de produção, o aluno realiza o levantamento de custos, conseguindo selecionar os insumos à realização do serviço e compor custos para a conclusão do orçamento.

O sucesso vem da decisão pela composição de custos correta, onde o aluno consegue realizar a compra dos materiais assertivamente, ou seja, de forma a não exceder os

custos provocando um desperdício de material e de dinheiro e, também, não comprar pouco material de forma que não consiga executar o serviço. Cada decisão do aluno pela composição de custos gera uma simulação e um *feedback*. Isso dá a oportunidade ao aluno de realizar quantas simulações forem necessárias para o completo entendimento da solução do problema.

As simulações acontecem tantas vezes quantas forem necessárias, sendo que após cada simulação da construção e levantamento de custos, o usuário recebe um *feedback* a fim de saber se conseguiu finalizar o orçamento dentro do custo previsto e de forma tecnicamente correta. Caso contrário, ele deve repetir a tarefa. Esse fluxo do jogo está representado na Figura 22.

Figura 22 – *Workflow* das simulações



Fonte: A Autora, 2021

Dessa forma, o conceito do jogo EngiTech tem como ponto de partida um problema real, neste caso, o orçamento de materiais para a construção de uma parede. Esse problema é o desafio a ser solucionado por usuários (alunos) que possuem conhecimentos prévios e formas próprias de agir (comportamentos) à medida que as situações se apresentam.

Pensando nisso, o protótipo do jogo foi desenvolvido conforme ilustrado na Figura 23¹⁶, em que a partir dos dados de entrada, o aluno tem o entendimento da tarefa, define a composição de custo adequada para o serviço, gera a lista de material e verifica se o serviço será realizado a partir da composição de custo escolhida, recebendo o *feedback* “custo previsto” com o “custo realizado”.

¹⁶ As capturas de tela do jogo apresentadas na Figura 23 foram feitas durante a execução do jogo. Demonstrações em vídeo do EngiTech podem ser encontradas no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/watch?v=1pssUfRkklU>.

Quadro 14 - Orientações para identificação das ações, ferramentas e objetivos

	Atividade de jogo	Atividade de aprendizagem	Atividade de instrução intrínseca
Ações	Como o jogo se desenrola?	Que tarefas o usuário faz no jogo que são direcionadas para o objetivo de aprendizado?	O que acontece no jogo que apoia o aluno a alcançar os objetivos de aprendizagem? (avaliação, <i>feedback</i>)?
Ferramentas	Quais elementos estão envolvidos?	Quais elementos estão envolvidos/usados nas ações de aprendizagem?	Quais elementos estão envolvidos/usados no jogo para apoiar as ações instrucionais?
Objetivos	O que o usuário precisa alcançar no jogo nesse momento?	Quais conhecimentos ou habilidades o aluno deve adquirir com as ações de aprendizagem?	Quais são os objetivos instrucionais do jogo nesse momento?

Fonte: Adaptado de Carvalho et al., 2015

Com atenção ao desenvolvimento do protótipo, as questões levantadas no Quadro 14 foram respondidas por meio da identificação da mecânica do jogo, em que os componentes são vinculados às ações, ferramentas e objetivos sob a perspectiva da aprendizagem, do jogo e dos objetivos instrucionais (Figura 24).

Figura 24 – Mecânica do jogo e mecânica da aprendizagem (LM-GM do EngiTech)



Fonte: A Autora, 2021

Há de se considerar haver sobreposições de componentes, pois um mesmo componente pode suportar ações de qualquer uma das atividades simultaneamente, tais como, suporte/obtido ajuda/consultar, os quais se configuram componentes do jogo, de aprendizagem e instrucionais ao mesmo tempo.

Após a configuração da mecânica do jogo e ancorados nos atributos dos *serious games*, foi verificada a aderência do jogo àqueles atributos desejados e que mais se adequam às teorias de aprendizagem propostas neste estudo (Quadro 15).

Quadro 15: Atributos dos *serious games* de Yusoff relacionados com as teorias de aprendizagem abordadas

Atributos	Valores para o Aprendizado	Teoria
Aprendizado incremental	O material de aprendizagem é entregue incrementalmente. Novos conhecimentos são entregues em partes e não são feitos de uma só vez. Terá seções adequadas de início e fim. O aluno sente e aprende de forma natural e menos complexa.	Taxonomia de Bloom
Atributos	Valores para o Aprendizado	Teoria
Suporte/apoio	Suporte e ajuda durante o aprendizado dentro dos jogos.	Construtivismo
Prática	Atividades de aprendizagem e exercícios dentro do jogo	Experiencial
Transferência de habilidades aprendidas	Aprender para aplicar em outra atividade no próximo nível.	Taxonomia de Bloom, construtivismo
Interação	Maior engajamento, maior aprendizado.	Experiencial
Autonomia	Aprendizagem ativa e autônoma, com base no ritmo e experiência individuais.	Construtivismo
<i>Feedback</i> intermitente	Para refletir sobre o que foi alcançado até agora e motivado para maior pontuação. Também usando <i>feedback just-in-time</i> para aprender.	Construtivismo, experiencial
Aprendizado situado e autêntico	O aluno pode relacionar o que está sendo aprendido dentro do jogo com o mundo exterior.	Experiencial

Fonte: A Autora, 2021

Como se observa, os atributos priorizados para o desenvolvimento do protótipo seguem os princípios das teorias destacadas na medida em que:

A taxonomia de Bloom está presente nos atributos “aprendizagem incremental” e “transferência de habilidades aprendidas” porque, por meio dela, se buscou planejar uma atividade que proporcionasse ao aluno alcançar o domínio dos níveis cognitivos desde os mais baixos como lembrar, até os níveis cognitivos de ordem superior, como avaliar. O jogo é conduzido de modo que o aluno tenha uma curva de domínio consistente, alcançando os

objetivos fáceis como acessar a relação de composição de custos de paredes disponível no SINAPI o que os levará, progressivamente, a atingir os objetivos mais difíceis como avaliar, de acordo com as especificações fornecidas, qual composição de custos deve ser considerada para o cálculo de custos da parede do projeto.

Os fundamentos da teoria de aprendizagem construtivista estão presentes nos atributos “suporte/apoio”, “transferência de habilidades aprendidas”, “autonomia” e “*feedback* intermitente” por que o EngiTech, tendo foco na andragogia, considera que, segundo Yusoff (2010), aprender um conteúdo deve ser tarefa relevante e não artificial, o aluno não deve se distrair fazendo duas coisas separadas dentro do jogo e o conteúdo educacional e o jogo devem ser suavemente integrados.

Nesse sentido, o EngiTech foi projetado para que o aluno desenvolva uma atividade de um conteúdo específico do curso, com uma única intenção de se calcular custos de materiais tendo o cenário de construção civil (conteúdo do jogo) em que todos os recursos do jogo estão relacionados ao mesmo conteúdo educacional e, portanto, relevante e significativo ao aluno de engenharia civil.

A “autonomia” está presente por que o Engitech permite que o aluno tanto inicie o jogo desde a primeira simulação ou escolha a simulação que deseja realizar, podendo avançar ou retornar e repetir a simulação.

Ainda com relação aos fundamentos da aprendizagem construtivista que considera que o aluno deve ser assistido em sua trajetória até que ele consiga estar seguro para realizar as tarefas sozinho, o atributo “suporte/apoio” está presente por meio da função “visualizar dados de referência”, na qual o aluno pode recorrer para consulta quando julgar necessário, decidindo que tipo de ajuda ele precisa, não somente com relação à consulta das informações no SINAPI para resolução do problema, mas também, notas de aula, vídeoaulas, conteúdo digital, normas técnicas, passo a passo para execução do serviço, dentre outros. Essa função “visualizar dados de referência” também confere autonomia ao aluno, porque ela é acessada mediante seu desejo de fazê-lo.

O *feedback* intermitente, sob o aspecto construtivista, está inserido no EngiTech porque o aluno é informado do seu progresso a cada etapa e não ao final do jogo, isto é, cada simulação que o aluno decide fazer, ele recebe o resultado imediato. Isso contribui para a descoberta de novas e melhores soluções para o problema. À medida que as pessoas resolvem problemas e descobrem as consequências de suas ações - refletindo sobre experiências passadas e imediatas - elas constroem seu próprio entendimento

Por fim, a aprendizagem experiencial está presente nos seguintes atributos: “prática”, “interação”, “feedback intermitente” e “aprendizado situado e autêntico” na medida em que:

- “Interação” e “prática” - porque o jogo promove a imersão e provoca que o aluno participe ativamente na coleta de informações para aplicação do conhecimento na resolução do problema;

- “Feedback intermitente” - porque provoca nos alunos a observação reflexiva e a experimentação ativa; e,

- “Aprendizado situado e autêntico” - porque o ambiente do EngiTech é uma simulação da vida real. Os alunos são orientados a desenvolver a habilidade da consciência espacial, que é uma habilidade de compreensão, através da tentativa de criar um sentimento realista sobre como e onde os objetos são mostrados e relacionados a outras coisas. Os alunos poderão então ter um sentimento semelhante ao lidar com o objeto real ou aprender no mundo exterior.

Os atributos relevantes do jogo foram selecionados com base no pensamento crítico acerca das teorias de aprendizagem construtivista, experiencial e na taxonomia de Bloom, a partir de perspectivas educacionais. De acordo com Yusoff (2010), a existência desses atributos é essencial para um aprendizado eficaz por meio de jogos.

Além disso, sabendo-se que um *serious game* deve suportar, principalmente, o aprendizado experiencial intrínseco, admite-se que a aquisição de conhecimento e o treinamento de habilidades devem ser obtidos através da mecânica do jogo (CARVALHO et al., 2015). Por isso, a presença de algumas informações estruturais no jogo EngiTech foram garantidas, tais como: o desafio, as regras, o detalhamento do problema, as ferramentas para solução, as formas de interação e conectividade e o resultado esperado.

A codificação do protótipo do game encontra-se no APÊNDICE III.

4.6 Avaliação do artefato e determinação da importância da solução – Etapa 6

4.6.1 Avaliação do artefato

O treinamento é um recurso fundamental para fomentar o conhecimento procedimental. Porém, ainda que os *serious games* sejam um método de ensino comprovadamente eficiente, as pessoas devem estar dispostas a usá-lo. Segundo López et al. (2021) o uso de um jogo sério não terá nenhum efeito positivo se os alunos não o aceitarem. Portanto, é essencial e pertinente analisar a aceitação de uso de *serious games* em contextos educacionais.

Sob essa ótica, o protótipo do EngiTech foi submetido a uma amostra de alunos do curso de engenharia civil de 3 universidades brasileiras para avaliação de aceitação da ferramenta pelo usuário.

A avaliação deste artefato é caracterizada pelo tipo descritiva com o método de construção de cenários (HEVNER et al., 2004).

Essa avaliação ocorreu por meio de uma entrevista estruturada em que os participantes receberam via *whatsapp* o vídeo do protótipo com a demonstração de seu funcionamento e um questionário elaborado no *Google forms*.

Os alunos, após assistirem ao vídeo demonstrativo do jogo, foram convidados a se posicionar a respeito de 8 (oito) declarações (Quadro 16).

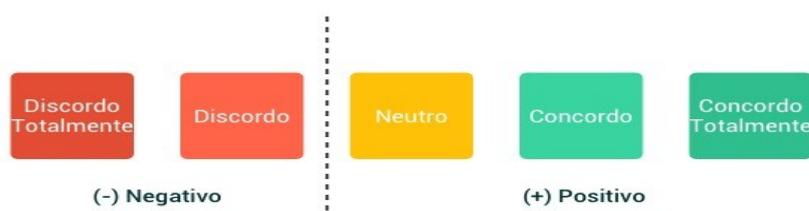
Quadro 16 – Questionário de avaliação do artefato

	Declaração
P1	O objetivo do jogo está claro.
P2	O uso da realidade virtual pode ajudar no entendimento sobre a tarefa a ser realizada.
P3	A realização da atividade por meio do jogo é mais fácil em comparação com a mesma atividade realizada em sala.
P3	A realização da atividade por meio do jogo é mais fácil em comparação com a mesma atividade realizada em sala de aula.
P4	A mecânica de <i>feedbacks</i> por etapa pode ajudar no entendimento do conteúdo.
P5	A possibilidade de retornar à execução da tarefa facilita o entendimento do conteúdo.
P6	Ter todo o conteúdo disponível dentro do jogo pode facilitar a execução da tarefa.
P7	Aplicativos gamificados ou jogos motivam o estudo.
P8	Jogos podem ser uma ferramenta de apoio à aprendizagem.

Fonte: A Autora, 2021

Para cada declaração foram disponibilizadas opções de respostas classificadas e categorizadas conforme a escala Likert (Figura 25).

Figura 25 – Escala Likert adotada para as respostas



Fonte: vidadeproduto.com.br/escala-likert

Como o questionário foi submetido, em escala Likert, a uma amostra populacional homogênea, sem distinção de sexo, nível social e idade, determinou-se o uso da estatística descritiva para analisar os dados considerando a frequência relativa, a moda e a mediana como resultados de interesse.

Os dados foram coletados e analisados com o objetivo de responder a primeira questão (Q1) da pesquisa: “os *serious games* podem ser uma ferramenta potencializadora da aprendizagem”?

Os resultados estão demonstrados no Quadro 17 e representam a frequência relativa das respostas obtida para cada declaração conforme as variáveis da escala Likert.

Quadro 17 – Resultado do questionário de avaliação do artefato

Declaração	Discordo totalmente	Discordo moderadamente	Neutro (nem discordo, nem concordo)	Concordo moderadamente	Concordo totalmente
O objetivo do jogo está claro (P1).	0%	0%	0%	25%	75%
O uso da realidade virtual pode ajudar no entendimento sobre a tarefa a ser realizada (P2).	0%	0%	6,30%	18,80%	75%
A realização da atividade por meio do jogo é mais fácil em comparação com a mesma atividade realizada em sala de aula (P3).	0%	0%	12,50%	31,30%	56,30%
A mecânica de <i>feedbacks</i> por etapa pode ajudar no entendimento do conteúdo (P4).	0%	0%	0%	12,50%	87,50%
A possibilidade de retornar à execução da tarefa facilita o entendimento do conteúdo (P5).	0%	0%	0%	18,80%	81,30%
Ter todo o conteúdo disponível dentro do jogo pode facilitar a execução da tarefa (P6).	0%	0%	6,30%	25%	68,80%
Aplicativos gamificados ou jogos motivam o estudo (P7).	0%	0%	6,30%	12,50%	81,30%
Jogos podem ser uma ferramenta de apoio à aprendizagem (P8).	0%	0%	0%	12,50%	87,50%

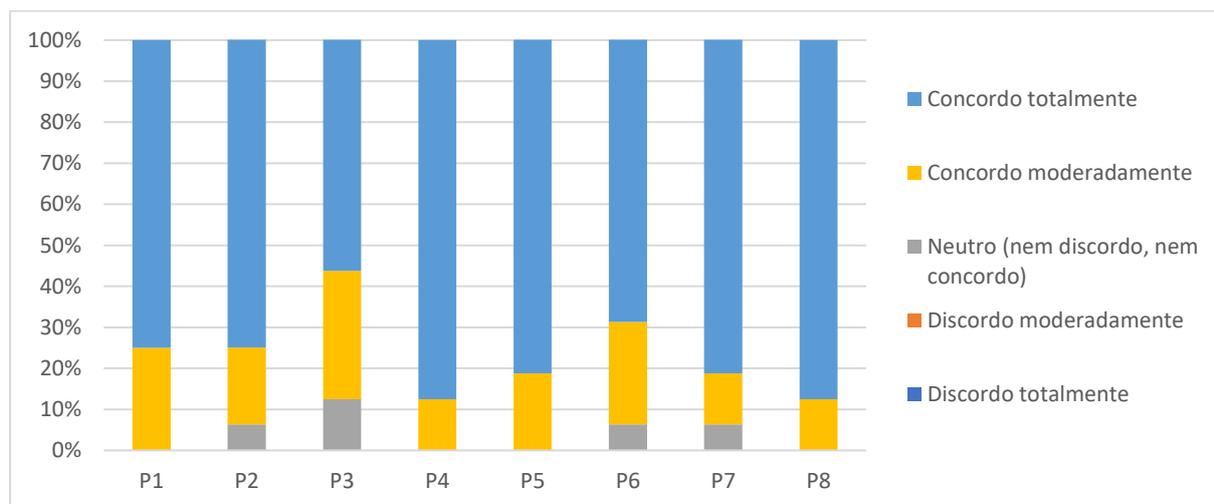
Fonte: A Autora, 2021

Os resultados indicam que a maioria dos discentes acredita que o EngiTech apresenta um objetivo claro (75% concordam totalmente e 25% concordam moderadamente), a RV facilita o entendimento da tarefa (75% concordam totalmente, 18,8% concordam

moderadamente 6,3% se posicionaram neutros), a realização da atividade por meio do jogo é mais fácil (56,3% concordam totalmente, 31,3% concordam moderadamente e 12,5% se posicionaram neutros), o recurso de *feedbacks* contribui para a compreensão do conteúdo (87,5% concordam totalmente e 12,5% concordam moderadamente, não havendo nenhum posicionamento neutro), a possibilidade de repetir a tarefa facilita o entendimento do conteúdo (81,3% concordam totalmente e 18,8% concordam moderadamente) e ter todo o conteúdo dentro do jogo facilita a execução da tarefa (68,8% concordam totalmente, 25% concordam moderadamente e 6,3% se manifestaram neutros). Além disso, os discentes acreditam que jogos, de modo geral, motivam o estudo (81,3% concordam totalmente, 12,5% concordam moderadamente e 6,3% se mantiveram neutros) e, inclusive, que jogos podem ser uma ferramenta de apoio à aprendizagem (87,5% concordam totalmente e 12,5% concordam moderadamente).

Para melhor visualização, a figura 26 mostra a distribuição da frequência dos dados por meio de um gráfico de barras.

Figura 26 – Distribuição da frequência



Fonte: A Autora, 2021

Os resultados revelam que não houve nenhuma resposta discordante, quer seja moderadamente ou totalmente discordante em nenhuma das 8 declarações.

Embora a maioria significativa dos alunos concorde totalmente com as declarações do questionário, cabe salientar que as respostas “neutro” nas P2, P3, P6 e P7 merecem atenção no desenvolvimento do Engitech, podendo ser indicadores de melhoria na concepção do jogo.

Com o intuito de completar a análise estatística descritiva, procedeu-se aos cálculos da moda e da mediana da amostra, a fim de se encontrar o valor que ocorre com mais frequência e o resultado central, respectivamente.

Para tanto, a escala Likert adotada foi codificada em números ordinais, tal como: concordo totalmente =5, concordo moderadamente=4, nem concordo e nem discordo=3, discordo moderadamente=2 e discordo totalmente=1.

Assim sendo, foi encontrado o valor 5 (concordo totalmente) tanto para a moda, quanto para a mediana (Quadro 18), corroborando a análise de que a grande maioria dos alunos concorda com as declarações do questionário.

Quadro 18 – Moda e mediana

x	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
R1	5	5	4	5	4	3	5	5
R2	5	5	5	5	5	5	5	5
R3	5	4	3	5	5	4	4	4
R4	4	5	5	5	5	5	5	5
R5	5	5	5	5	5	5	5	5
R6	5	5	5	5	5	4	5	5
R7	5	5	4	5	5	5	5	5
R8	5	5	5	5	5	5	5	5
R9	5	5	5	5	5	5	5	5
R10	5	5	5	5	5	5	5	5
R11	4	3	3	4	4	4	3	5
R12	4	4	4	5	5	5	5	5
R13	5	5	5	5	5	5	5	5
R14	5	5	5	5	5	5	5	5
R15	4	4	4	4	4	4	4	4
R16	5	5	4	5	5	5	5	5
Mediana	5	5	5	5	5	5	5	5
Moda	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: A Autora, 2021

Assim sendo, conclui-se que, sob o ponto de vista dos discentes, os *serious games* podem ser uma ferramenta potencializada da aprendizagem uma vez que, além dos resultados acima apresentados e discutidos, 100% dos alunos concordam (totalmente ou moderadamente) com essa declaração (P8).

Isso é importante porque os resultados desta avaliação sugerem que o jogo proposto é aceitável pelo aluno e percebido como útil, de forma que seja possível sua utilização.

No entanto, como se trata de uma avaliação de um protótipo, em que os alunos assistiram à demonstração do jogo por meio de um vídeo, há que se considerar que as ferramentas do jogo não foram testadas pelo usuário, por isso a conclusão de que os resultados sugerem a aceitação do jogo.

Diversas experiências que estão sendo desenvolvidas no âmbito das universidades e nas empresas no sentido de se criar soluções gamificadas impulsionadoras e potencializadoras da aprendizagem, em que:

- Giannetto, Chao e Fontana (2013) apresentam o *Quizbox*, um ambiente de aprendizagem social através do uso de questionários digitais interativos em várias áreas do conhecimento;

- Knautz et al. (2014), mergulharam os alunos da Universidade de Düsseldorf do curso "Ciência da Informação e Tecnologia da Linguagem" na história imaginativa da "Lenda de Zyren";

- Mathrani, Christian e Ponder-Sutton (2016) desenvolveram um jogo em 2D tipo quebra-cabeças para ensinar a lógica da programação computacional;

- Hamari et al. (2016) mostraram o *Spumone*, cujo objetivo é o aprendizado de conceitos fundamentais da ciência da engenharia e técnicas de resolução de problemas na *Northern Illinois University*;

- Carvalho et al. (2015) relataram o *Darful is Dying*, um videogame com o objetivo de aumentar a conscientização dos alunos da *University of Southern California* sobre o genocídio e, também, o *The Plague*, que mistura estratégia e simulação em um ambiente de realidade virtual. O *The Plague* aborda a história de um patógeno que acabou de infectar o "Paciente Zero". O objetivo é desenvolver uma praga mortal enquanto a humanidade se defende.

No entanto, o EngiTech difere estruturalmente dos demais jogos educacionais pesquisados porque, além de ter sido construído em realidade virtual, garantindo os benefícios educacionais desta tecnologia, trata de situações reais, de narrativas existentes no universo da engenharia civil, preenchendo dessa forma a lacuna entre o conhecimento conceitual e procedural; tem o propósito de garantir a aplicação das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial, em uma abordagem metacognitiva, em que o jogo avança à medida da demanda do discente; enfatiza a importância de compreender como os componentes do jogo são definidos e combinados para promover a aprendizagem eficiente; foi projetado para ser usado em dispositivos tipo *smartphones* e, portanto, quase sem barreiras de acessibilidade à tecnologia pelos alunos; é uma ferramenta que provoca interesse pelos alunos de engenharia civil; e, por último, os *feedbacks* e os caminhos "tentar outra vez" ou "nova simulação" apoiam o aprendizado individual e personalizado. De Freitas (2006) afirma que o uso dos componentes pedagógicos em uma abordagem de ensino baseada em jogos melhora o aprendizado.

Mais pesquisas são necessárias, importante ressaltar, para fornecer evidências empíricas de como o aprendizado baseado em jogos pode ser usado de forma mais eficaz, quantificando e explicando como os *serious games* estão sendo usados para apoiar o aprendizado no ensino de engenharia civil.

4.6.2 Determinação da importância da solução

Há evidências que os alunos acreditam em jogos como potencializadores da aprendizagem e considerando ser a aprendizagem baseada em jogos uma metodologia ativa de ensino, supõe-se que haja uma busca por ferramentas não tradicionais de estudo pelos estudantes, através de recursos provindos da internet, tais como aplicativos e vídeo-aulas.

Para o entendimento do contexto de busca autônoma pelos alunos por novas ferramentas de ensino e, dessa forma, determinar a importância do EngiTech como recurso potencializador da aprendizagem sob o ponto de vista do usuário, foi realizada uma pesquisa para identificar como os alunos estudam quando não estão assistindo aula.

Para isso, foi elaborado um questionário com 3 perguntas no *Google forms* e submetido, individualmente, via *whatsApp* a 48 estudantes dos cursos de engenharia da Universidade de Brasília, sendo elas:

P1 - Como você estuda quando não está assistindo aulas?

P2 - O que o motiva a estudar dessa forma?

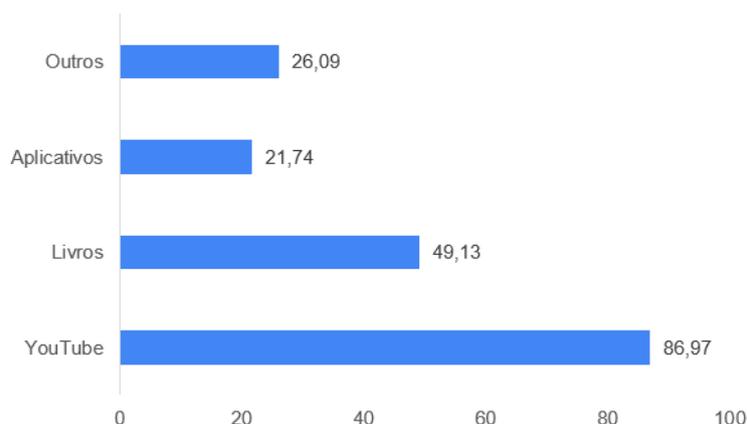
P3 - O que mais te incomoda nessa sua forma de estudo?

A P1 estabeleceu respostas de múltipla-escolha, tendo as seguintes opções: livros, YouTube (vídeos), aplicativos e outros. Os alunos puderam, também, escolher mais de uma opção, além de terem um espaço para respostas abertas na opção “outros”.

A P2 e a P3 apresentaram um campo para respostas abertas.

Com a pesquisa obtendo uma taxa de resposta 47,92%, as respostas do questionário com relação à pergunta P1 estão apresentados na Figura 27.

Figura 27 – Ferramentas que os alunos usam para estudar quando não estão assistindo aulas (%)



Fonte: A Autora, 2021

Percebe-se, portanto, que os alunos buscam diversas formas de estudar, mesclando os recursos de aprendizagem, porém, a forma mais recorrente é indiscutivelmente o YouTube por meio de seus vídeos, tendo sido um recurso de estudo escolhido por 86,97% dos alunos.

Os livros, meio mais tradicional de estudo e recomendados oficialmente na bibliografia das disciplinas, são escolhidos por 49,13% dos estudantes, respectivamente.

Além de saber como os alunos estudam, é importante entender porque eles buscam essas formas, por isso, à P2 foi concedido um campo para respostas abertas, nos quais os 23 alunos respondentes descreveram os motivos que os fazem escolher sua forma própria de estudar (Quadro 19).

Quadro 19 – Motivos que os alunos consideram para escolher a forma de estudar

x	Como você estuda fora da aula?	O que te motiva estudar dessa forma?
R1	Youtube	Consigno absorver mais visualmente
R2	Youtube	Acho melhor estudar assistindo explicações para saber outros pontos de vista
R3	Livros, Youtube, Outros (blogs)	O conteúdo as vezes é apresentado de forma mais fácil, e os cursos pagos costumam trazer explicações de forma mais simples e em etapas que facilitam a compreensão dos detalhes
R4	Youtube, Aplicativos	É a forma com que mais absorvo
R5	Youtube	Mais conteúdos e não fico dependente de uma única explicação
R6	Livros, Youtube	Acho que são os melhores meios para estudar após assistir a aula
R7	Livros, Youtube	Eu tenho acesso a fonte diversas para o mesmo material, até mesmo em outras línguas
R8	Livros, Youtube	É o único jeito sem ser presencial, ser autônomo

x	Como você estuda fora da aula?	O que te motiva estudar dessa forma?
R10	Livros, Youtube, Aplicativos	Variedade de formas de ver o mesmo conteúdo
R11	Youtube	A forma mais prática para mim é estudar por vídeos
R12	Livros, Youtube, Aplicativos	Melhor aprendizado
R13	Livros, Youtube	A possibilidade de ir direto ao ponto e ver outros métodos de resolução e dicas para facilitar o entendimento
R14	Youtube, Aplicativos	Facilidade de aprender e também o conteúdo é bem mais direto
R15	Youtube, Outros	Tem muita informação boa relacionada na internet
R16	Livros, Outros	É o mais prático e eficiente
R17	Livros	O fato dos professores basearem as aulas no conteúdo da bibliografia
R18	Youtube, Aplicativos	A praticidade e a paciência pra ler
R19	Livros, Outros	Na área que atuo não há muitos materiais facilmente disponibilizados
R20	Livros, Youtube	A falta de conhecimento que eu consigo absorver durante uma aula normal.
R21	Livros, Youtube	Produtividade: aprender efetivamente em menos tempo
R22	Livros, Youtube, Outros	Para compreender e consultar o assunto assim como responder a prova.
R23	Youtube, Outros	Ter alguém que vai passo a passo comigo e encontra meus erros

Fonte: A Autora, 2021

É interessante observar que os alunos interpretam a mesma forma de estudo sob diversas maneiras e, inclusive, pode-se constatar, corroborando a tese de Smith e Kolb (1986), que cada indivíduo tem um estilo de aprendizagem preferido, mas todos respondem e precisam do estímulo de todos os tipos de estilos de aprendizagem de uma forma ou de outra, por isso, a maioria dos alunos (73,91%) escolheu mais de uma forma de estudo.

No entanto, cabe destacar que, diferentemente da maioria dos estudantes, 21,73% dos alunos (R1, R2, R5, R9 e R11) procuram estudar somente pelo YouTube, porém, apresentam diferentes motivos, sendo eles: absorção do conteúdo de forma visual, ter acesso a outros pontos de vista, diversidade de conteúdos e praticidade. Aquele que busca somente livros (R17), diz que o faz porque os professores baseiam suas aulas em livros recomendados na bibliografia da disciplina.

Como percebido, a grande maioria dos alunos, 73,91%, usam diversas formas de estudo e o fazem por diversas razões, tais como: conteúdo apresentado de forma mais fácil, aprender em menos tempo, recurso visual, praticidade, variedade de formas de ver o mesmo conteúdo, assistir o conteúdo várias vezes, facilidade de aprender, conteúdo “mais direto”, etc.

Por fim, para saber se os alunos estão satisfeitos com suas próprias formas de estudo, o Quadro 20 apresenta os resultados da P3, destacando o que incomoda os estudantes com relação aos seus recursos de aprendizagem autonomamente escolhidos.

Quadro 20 – Insatisfação dos alunos com as próprias ferramentas de estudo

x	Como você estuda fora da aula?	Existe algo que te incomoda com isso?
R1	Youtube	A falta de prática
R2	Youtube	Me incomoda alguns professores não ligar para nosso aprendizado, como por exemplo eu trabalho e estudo e quando pedimos por ajuda em alguns momentos e não ligam pra isso, mesmo nos esforçando
R3	Livros, Youtube, Outros	Não
R4	Youtube, Aplicativos	Livros são ótima fonte, mas não consigo aproveitar bem, prefiro youtube
R5	Youtube	Sim, falta de prática
R6	Livros, Youtube	Não
R7	Livros, Youtube	Alguns conteúdos são difíceis de achar até no exterior e algumas línguas ou sotaques são difíceis de compreender.
R8	Livros, Youtube	As aulas do curso extrapolam o tempo presencial. Pois as tarefas são assíncronas e por isso mais complexas
R9	Youtube	Atividades práticas
R10	Livros, Youtube, Aplicativos	Isso, o quê?
R11	Youtube	A dificuldade de achar conteúdo parecido com o do professor
R12	Livros, Youtube, Aplicativos	Ead
R13	Livros, Youtube	De certa forma, o aprendizado acaba ficando um pouco mecânico, sendo esquecido alguns semestres depois, não tem prática
R14	Youtube, Aplicativos	Não
R15	Youtube, Outros	Fico meio dependente de blogs e sites para aprender, é quase um vício. Essa não é a melhor forma de acessar informação de qualidade em algumas disciplinas
R16	Livros, Outros	não
R17	Livros	O material impresso costuma ser muito denso em conteúdo
R18	Youtube, Aplicativos	Minha preguiça
R19	Livros, Outros	Gostaria que tivesse videoaulas no YouTube sobre os assuntos
R20	Livros, Youtube	Acredito que não, eu tenho uma grande parcela de culpa na minha falta de atenção.
R21	Livros, Youtube	prática
R22	Livros, Youtube, Outros	Sim, não tenho como testar

x	Como você estuda fora da aula?	Existe algo que te incomoda com isso?
R23	Youtube, Outros	prática

Fonte: A Autora, 2021

Ainda que os vídeos do YouTube sejam os recursos de aprendizagem buscados pela maioria dos alunos, não se trata de uma solução perfeita, nem os livros, aplicativos, blogs e outros, pois 69,57% dos estudantes apresentaram alguma insatisfação com sua própria forma de estudar, e desses, 43,75% considera ser a falta de atividades práticas nessas ferramentas o principal motivo de insatisfação.

É importante notar que, apenas, 21,74% dos alunos encontram-se satisfeitos com suas ferramentas de estudo, ainda que estas tenham sido escolhidas por eles.

Portanto, considera-se o EngiTech uma ferramenta de aprendizagem especialmente importante porque, além de oferecer uma metodologia de ensino cujo foco é a aprendizagem prática, por meio da execução de atividades profissionais em um cenário simulado virtual, possui uma abordagem de ensino focada no aluno, com o conteúdo do jogo alinhado ao conteúdo específico da disciplina, respeitando a autonomia e ritmo de estudo do usuário.

4.7 Considerações sobre o capítulo

Utilizando a *Design Science Research* (DSR) como estratégia da pesquisa, o presente trabalho foi desenvolvido em 6 etapas: identificação e contextualização do problema, revisão da literatura, coleta de dados, elaboração do *design* instrucional, construção do protótipo e avaliação do artefato.

A 1ª etapa teve como foco obter um profundo entendimento sobre a relevância do problema de aprendizagem no ambiente do curso de graduação em engenharia civil, realizando um levantamento de dados de desempenho dos alunos nas disciplinas específicas e profissionalizantes. Como resultado dessa etapa, constatou-se que em 59,38% das disciplinas, a média de notas dos alunos foi inferior à média mínima considerada aceitável para aprovação, isto significa que a maioria dos alunos não dominava temas como instalações prediais, concreto armado, estruturas de estradas, técnicas construtivas e orçamento e planejamento de obras ao final do curso.

Uma vez confirmada a existência de um problema de aprendizagem dos alunos, procedeu-se à revisão sistemática da literatura (2ª etapa do estudo) com a finalidade de investigar a aplicação dos *serious games* no ensino superior. Essa etapa foi dividida em 2 fases. Em um primeiro momento, buscou-se identificar os fatores positivos e as limitações do

uso dos *serious games* como artefatos potencializadores da aprendizagem na educação profissional e, no segundo momento, procedeu-se à investigação sobre a aplicação dos *serious games* digitais no ensino superior em engenharia.

Essa 2ª etapa revelou que os *serious games* como prática pedagógica são especialmente benéficos porque permitem caminhos de aprendizagem individuais, facilitam a aquisição do conhecimento, promovem a aprendizagem experimental e o aprendizado autônomo, melhoram a produtividade e o engajamento, além de possuírem alta escalabilidade e trabalharem habilidades como liderança, planejamento, gestão estratégica e trabalho em grupo. No entanto, algumas limitações foram destacadas, tais como a necessidade de recursos avançados de tecnologia da informação e de uma equipe multidisciplinar das áreas de *design*, arte, *software* e pedagogia para criação e avaliação dos jogos. Ainda, há o entendimento de que jogos são usados apenas para o lazer e a dificuldade de aceitação pelos docentes são barreiras para o uso dos *serious games* como ferramenta pedagógica. Finalizando a revisão sistemática da literatura, foram identificados 10 *serious games* nos trabalhos selecionados aplicados no ensino superior, cujos temas vão desde *cyberbullying* até prevenção de incêndio.

Embora muito esforço tenha sido dispendido para revisar as principais pesquisas relacionadas ao uso dos *serious games* no ensino superior, é reconhecido que esta revisão não é exaustiva e limitou-se apenas a investigar os fatores que tornam os jogos úteis para o ensino superior, tendo sido relatados alguns deles, bem como suas limitações, sendo essas últimas aspectos importantes que podem inibir o sucesso dessa prática pedagógica.

Após a investigação em que foi evidenciada a aplicação dos *serious games* como ferramenta de aprendizagem na educação superior, procedeu-se à coleta de dados na base de gestão acadêmica da IES a fim de se determinar o tema para o desenvolvimento do protótipo do jogo proposto nesta pesquisa. Como resultado dessa etapa, foi definido o conteúdo específico “referência de custos” e “custos diretos” da disciplina “Orçamento e Planejamento de Obras” para a elaboração do *design* instrucional do artefato. Ainda nessa etapa, foram levantadas as competências e habilidades requeridas para a disciplina, uma vez que estas são norteadoras dos objetivos instrucionais do jogo.

Em prosseguimento, trabalhou-se na elaboração do *design* instrucional do jogo (4ª etapa). O foco do estudo nesse momento foi definir o “passo a passo” do processo de ensino, de forma a identificar “o que se deve saber” e o que se deve “saber fazer”. Para isso, foram definidas as ações de aprendizagem fundamentadas na taxonomia de Bloom para o aluno resolver o problema de cálculo dos custos dos materiais para construção de uma parede de vedação aplicando conhecimentos matemáticos e acadêmicos, a saber: i) lembrar dos

conceitos de custos e interpretar os custos advindos da referência de custos SINAPI; ii) selecionar os materiais e seus custos diretos e relacioná-los aos serviços; iii) aplicar os dados e calcular os custos da tarefa; iv) analisar a seleção da composição de custos relacionada ao serviço; v) verificar e testar o impacto desta seleção de custos na tarefa; e, vi) produzir a solução mais adequada ao problema.

Para completar a construção do processo de ensino foi estabelecido que, para se atingir os resultados esperados por meio das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial, os recursos utilizados devem garantir, fundamentalmente, uma experiência imersiva e significativa. Concluiu-se, então, que o artefato a ser desenvolvido deve ser uma simulação para garantir a interação; se constituir em um jogo virtual como recurso multimídia; ter uma abordagem dos conteúdos voltada para a solução de problemas/desafios; e, finalmente, deve disponibilizar materiais de apoio durante a execução da tarefa.

Isso estendido, a 5ª etapa da pesquisa (construção do protótipo) teve como objetivo permitir aos alunos: uma experiência imersiva usando a RV; selecionar os insumos de acordo com os serviços inerentes à etapa construtiva; (3) receber o custo atualizado dessas etapas à medida que os serviços são executados e seu impacto no preço final em tempo real; e receber o *feedback* com o custo do serviço realizado em comparação ao custo planejado. O modelo proposto combina um projeto em *BIM* e um banco de dados de custos implantados em um motor de jogo (*Unity*) em um ambiente em RV para funcionamento em *smartphones* com sistema operacional *Android*.

O jogo fornece, inicialmente, o projeto e as especificações do serviço, de modo que o aluno entenda o contexto da construção. A partir disso, as simulações estão disponíveis para serem iniciadas. Para que essas simulações aconteçam, foram implantados no sistema um banco de dados de custos real, contendo as composições de custos dos serviços de construção. O desafio é a escolha da composição de custos correta, uma vez que o sistema fornece todas as opções de escolha de composições de custos de todos os serviços de construção. O aluno deve procurar pelos serviços correspondentes à execução de paredes e assim que ele o fizer, haverá a necessidade de identificar qual composição de custos representa o serviço da parede especificada no jogo, pois há uma diversidade de tipos de paredes que podem ser construídas, as quais diferem não somente pelo material, mas dentre outras, pela sua espessura. Uma vez identificada e selecionada a parede de acordo com o projeto e as especificações estabelecidas, uma simulação acontece. Se houver a escolha da composição errada, o sistema fornecerá, imediatamente, um *feedback* com o resultado correto comparado com o resultado da seleção do aluno e, simultaneamente, a decisão do aluno é

representada visualmente. Ao final de cada simulação realizada de forma incorreta, o aluno tem a opção de tentar novamente. Durante esse processo, o sistema fornece *links* com acesso ao material de apoio, tais como: dicas, notas de aula, vídeoaula. Esse processo acontece até que o aluno decida pela solução correta resultando em um último *feedback* e uma representação visual final.

O treinamento das habilidades cognitivas necessárias para realizar a tarefa do jogo, ou seja, lembrar as etapas, aplicar as normas, identificar os pontos críticos, além de resolver problemas acontece com a abordagem de aprendizagem construtivista e experiencial, seguindo a taxonomia do domínio cognitivo de Bloom. Os alunos constroem seus conhecimentos por meio de suas próprias experiências enquanto executam as atividades do jogo.

Como resultado dessa etapa tem-se um protótipo de um *serious game* para o ensino de cálculo de custos de materiais de construção, denominado EngiTech, com a identificação clara da mecânica do jogo, da mecânica da aprendizagem e da conexão entre elas que, por sua vez, suportam o processo de ensino.

O pressuposto básico do uso eficiente dos *serious games* para o ensino é de que o aluno está disposto a aprender utilizando o jogo e a assumir a responsabilidade pelo seu aprendizado porque, se os alunos não tiverem interesse nesse tipo de atividade, o aprendizado não acontece (THOMPSON *et. al*, 2007b).

Neste sentido, a 6ª e última etapa da pesquisa foi realizada com foco no entendimento da aceitação da ferramenta pelos alunos. Para tanto, um vídeo do protótipo do jogo foi enviado a uma amostra de alunos do curso de engenharia civil juntamente com um questionário elaborado no *Google forms*.

Os principais resultados desta etapa foram: a maioria dos alunos acredita que o EngiTech apresenta um objetivo claro, a RV facilita o entendimento da tarefa, a realização da atividade por meio do jogo é mais fácil, o recurso de *feedbacks* contribui para a compreensão do conteúdo, a possibilidade de repetir a tarefa facilita o entendimento e ter todo o conteúdo dentro do jogo facilita a execução da tarefa. Além disso, os discentes acreditam que jogos, de modo geral, motivam o estudo e, sobretudo, podem ser uma ferramenta de apoio à aprendizagem. Entretanto, 12,5% dos alunos demonstraram não acreditar que a atividade realizada por meio do jogo é mais fácil do que realizada em sala de aula. Isso merece especial atenção no desenvolvimento do EngiTech, podendo ser indicador de melhoria na concepção do jogo.

Ainda na 6ª etapa, foi constatado que os alunos procuram formas alternativas de aprendizagem quando não estão em sala de aula, recorrendo, principalmente, ao YouTube pela diversidade de conteúdos disponíveis e praticidade. No entanto, tecem críticas à essa ferramenta, principalmente, porque não há atividade prática nesse método de estudo.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo são apresentadas as principais conclusões quanto ao cumprimento dos objetivos propostos. Ao final, são destacadas as contribuições desta pesquisa e feitas sugestões para trabalhos futuros, com temas correlacionados ou que permitirão a continuidade do presente estudo.

5.1 Conclusões quanto ao cumprimento dos objetivos propostos

O principal objetivo desta pesquisa foi apresentar o protótipo do jogo EngiTech em realidade virtual como ferramenta de ensino de cálculo de custos de materiais de construção aos alunos do curso de engenharia civil, promovendo o alcance dos níveis cognitivos da taxonomia de Bloom por meio das teorias de aprendizagem construtivista e experiencial.

A estrutura do EngiTech foi desenvolvida de modo a permitir que o aluno consiga realizar o processo de composição de custos adequado ao serviço de construção de uma parede conforme projeto e especificações técnicas fornecidas. Para se atingir os resultados, foi elaborado o *design* instrucional do protótipo demonstrando a conexão entre a mecânica do jogo e a mecânica da aprendizagem como fator relevante para o sucesso da proposta de aprendizagem baseada em jogos.

Os objetivos específicos deram suporte ao objetivo principal e se mostraram representativos para esta pesquisa.

Nessa linha, os fatores positivos e as limitações dos *serious games* para o ensino superior foram identificados por meio da revisão sistemática da literatura, confirmando as hipóteses da pesquisa pois verificou-se, com base em experiências internacionais, que eles aumentam a efetividade da aprendizagem e tornam o processo de ensino e aprendizagem versátil, escalável e com resultados mensuráveis.

Por sua vez, os atributos definidos para o jogo, tais como aprendizado incremental, apoio/suporte, interação, autonomia, prática, *feedback*, transferência de habilidades aprendidas e aprendizado situado estão alinhados aos fundamentos das teorias de aprendizagem construtivista, experiencial e à taxonomia de Bloom, e se traduzem nos principais pilares pedagógicos desta pesquisa.

Os conceitos de orçamentação de obras referentes ao ensino dos conteúdos específicos “custos diretos” e “referência de custos” estão aplicados na narrativa, na definição do problema/desafio, na tarefa a ser executada e no material de apoio do jogo.

Por fim, ainda com relação aos objetivos específicos deste trabalho, a aceitação da ferramenta pelos alunos foi avaliada por meio da apresentação do protótipo junto com a aplicação de um questionário via *Google forms* a uma amostra de alunos do curso de engenharia civil, cujo resultado revelou que 87,5% dos discentes do curso concordam totalmente que o jogo constitui ferramenta potencializadora da aprendizagem. Isso é importante porque os resultados desta pesquisa sugerem que os alunos estão dispostos a usar o jogo como ferramenta de estudo e aprendizagem.

Esta pesquisa se destaca dos demais trabalhos estudados pois demonstrou que os componentes pedagógicos podem ser implantados em um motor de jogo para o ensino de cálculo de custos de materiais de construção, por meio da construção do EngiTech com a tecnologia de realidade virtual, promovendo uma experiência imersiva e significativa.

Essa proposta pode beneficiar tanto o estudante de graduação em engenharia civil no seu próprio processo de aprendizagem, quanto ser uma importante solução para professores diversificarem seu repertório de métodos de ensino em suas atividades docentes, visto que os alunos procuram, de forma autônoma, por diversas formas de estudo, sendo o YouTube a ferramenta preferida.

A aprendizagem baseada em jogos é uma alternativa aos métodos tradicionais de aprendizagem pois, além de motivação e diversão, os jogos trazem repetição, níveis de dificuldade adaptativos e a possibilidade de relatar automaticamente o comportamento dos alunos, além de fornecerem os dados mais profundos e amplos sobre o processo de aprendizagem.

Finalmente, é importante considerar que um jogo como ferramenta de apoio ao ensino deve ser desenvolvido com bases cientificamente comprovadas, tal como o Engitech, seja com relação à mecânica da gamificação e aos fundamentos pedagógicos relacionados, mas sobretudo, considerando a conexão entre eles, pois se uma vez dissociados, tornam a experiência sem propósito didático. Por outro lado, fundamentos pedagógicos uma vez integrados à imersão e à interatividade, podem fornecer não somente habilidades técnicas, mas também, comportamentais necessárias aos alunos no mundo real.

5.2 Contribuição da pesquisa

A quantidade de experiências relativas ao uso de *serious games* no ensino superior é relativamente pequena, conforme demonstrado no item 4.2, diante disso, acredita-se que há um vasto campo do conhecimento a ser explorado por meio de aplicações desse tipo de artefato para o ensino de engenharia.

Frente a esse quadro, e havendo poucas evidências na aplicação da realidade virtual como tecnologia de desenvolvimento para *serious games*, este trabalho foi sustentado, essencialmente, na busca pelas respostas de duas perguntas de pesquisa que contribuiriam para a originalidade do conhecimento, sendo elas:

Q1: os *serious games* podem ser uma ferramenta potencializadora da aprendizagem?

Q2: de que forma um *serious game* pode promover a interação do conhecimento teórico com sua aplicação profissional?

Ao responder a 1ª questão verificou-se, com a investigação do estado da arte do tema, que os jogos para o ensino superior são potencializadores da aprendizagem sob vários aspectos, dentre eles, porque, por meio da aprendizagem experiencial facilitam a aquisição do conhecimento. E com a confirmação da aceitação da tecnologia pelos alunos, demonstrada no item 4.6, foi constatado que os *serious games*, de maneira geral, motivam o estudo e isso é fator determinante para o sucesso de uma intervenção pedagógica por meio de ferramentas gamificadas, tendo em vista que um jogo sério somente terá efeito positivo se os alunos desejarem usá-los.

Para responder a 2ª questão da pesquisa e na intenção de preencher a lacuna existente entre a fronteira do “saber” (conhecimento conceitual) e do “saber fazer” (conhecimento procedural), foi apresentado o EngiTech, um protótipo de um *serious game* em realidade virtual para o ensino de engenharia civil, cujo desenvolvimento consta no item 4.5.

Diante disso, as principais contribuições desta pesquisa são:

- a) Oferecer ao aluno um espaço realista, imersivo e virtual para, por meio da experimentação em um ambiente gamificado, adquirir conhecimentos procedimentais. Normalmente, as atividades de aprendizagem experiencial (atividades práticas) no ensino superior incluem visitas técnicas e estágios como fornecedores de experiências do mundo real. O jogo em realidade virtual permite a simulação dessas experiências reais no ambiente virtual;
- b) Promover a aquisição de competências de forma que o aluno seja capaz de resolver problemas dentro de um campo de referência, mobilizando um conjunto de recursos para resolver uma situação complexa. É, portanto, um sistema de conhecimento conceitual (saber) e procedimental (saber fazer) organizado em esquemas operacionais e que permite identificar um "problema-tarefa" e resolvê-lo por meio de uma ação efetiva;

- c) A imersão dos alunos no ambiente do jogo permite que eles experimentem independentemente, fracassem e recomeçam, sem nenhum tipo de ônus, ajustando suas respostas e se tornando os principais atores em sua aprendizagem;
- d) Fornece aos alunos e professores atividades acadêmicas complementares que auxiliam no aprendizado.

Suh e Prophet (2018) revelam que, embora a pesquisa sobre ambientes imersivos esteja se desenvolvendo em muitos campos, a educação ainda é de longe a área mais fértil. No entanto, é essencial garantir que esses novos métodos pedagógicos sejam eficazes para o domínio de aprendizagem pretendido.

A maioria dos aplicativos de *serious games* desenvolvidos em realidade virtual para o ensino superior tem o foco na usabilidade e as teorias de aprendizagem não são frequentemente consideradas no seu desenvolvimento para auxiliar e orientar os resultados da aprendizagem (SUH; PROPHET, 2018), por isso, a maior contribuição deste trabalho é apresentar um jogo sustentado nos valores pedagógicos que proporcionam uma aprendizagem prática e eficaz.

O Engitech é uma ferramenta de aprendizagem que incorpora a tecnologia de realidade virtual à mecânica do jogo com o propósito de alcançar os objetivos de aprendizagem, promovendo, dessa forma, a melhoria do desempenho discente.

5.3 Limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros

A aprendizagem baseada em jogos não é um "tipo de solução mágica" para alcançar resultados positivos de aprendizagem, e não é eficaz somente por si, uma vez que:

- O conhecimento insuficiente sobre os mecanismos psicológicos e pedagógicos, por exemplo, através dos quais a aprendizagem baseada em jogos produz seus efeitos dificulta a seleção de estruturas de gamificação, mecânicas e princípios para obter os resultados desejados, nesse sentido, é importante ressaltar que um jogo deve conter esquemas de pontuação, recompensas, diferentes níveis, dentre outras estruturas que completam o *design* de uma ferramenta educacional baseada em jogos;

- Saber como as características individuais terão impacto na experiência de gamificação informará o *design* efetivo de intervenções de aprendizagem gamificadas e permitirá sua integração efetiva no ambiente de aprendizagem (BUCKLEY; DOYLE, 2017);

- As teorias e aprendizagem construtivista e experiencial são as mais usadas, juntamente com as teorias do fluxo e da autodeterminação no desenvolvimento de jogos

educacionais, porém, as teorias da carga cognitiva, do estabelecimento de metas e do reforço do comportamento também merecem ser aplicadas no *design* de jogos educacionais;

- Os jogos somente são úteis para o ensino e para a aprendizagem se os estudantes tiverem interesse em usá-los. Esta pesquisa teve como foco a dimensão do “saber fazer”, isto é, o desenvolvimento do conhecimento procedural, porém, tão importante quanto isso, é a dimensão do “saber ser”, que trata de conteúdos atitudinais. Os alunos devem desejar usar o jogo como ferramenta de ensino para que haja uma aprendizagem eficaz;

- Embora os jogos de simulação em realidade virtual como o EngiTech possam oferecer ambientes imersivos e envolventes, às vezes eles não conseguem garantir o aprendizado. Os alunos podem, mesmo estando totalmente imersos no jogo, ignorar certas atividades de aprendizagem, desprezar o *feedback* e não interagir adequadamente com o ambiente do jogo. Além disso, os alunos antes de adquirir o conhecimento prévio da estratégia do jogo, podem mergulhar direto na atividade do jogo, e isso pode levá-los à desistência de todo o jogo.

Por tudo isso, é recomendável o estudo das perspectivas da psicologia e das diversas áreas da pedagogia aplicadas aos *serious games*, pois os conceitos de jogos na aprendizagem digital têm suas origens na interseção interdisciplinar da psicologia, da pedagogia e da tecnologia educacional, exigindo conhecimentos de mecanismos cognitivos, emocionais e motivacionais, uma vez que comportamentos, emoções, engajamento, atitude (saber ser), motivação, características pessoais de aprendizagem, dentre outros, são aspectos fundamentais para o sucesso de um *serious game*, devendo, inclusive e para tanto, serem explorados não somente os domínios cognitivos, mas também, os domínios afetivos e psicomotores da taxonomia de Bloom.

Recomenda-se, inclusive, o aprofundamento das pesquisas relacionadas à ciência da computação, tendo em vista a enorme variedade de ferramentas e produtos disponíveis para que a tecnologia seja aplicada de forma efetiva, como a realidade aumentada, a realidade estendida, o metaverso, a inteligência artificial, o aprendizado de máquina, dentre outros, podendo conferir maior detalhamento, funcionalidade e eficácia na determinação dos requisitos do sistema.

É recomendado, sobretudo, maior quantidade de investigação sobre experiências imersivas nos ambientes de jogos virtuais, especialmente no que diz respeito aos efeitos das sensações de movimento sobre o corpo (cinetose), pois estas áreas apresentam desafios para pesquisadores que projetam artefatos com essa tecnologia.

Por fim, é importante ressaltar que jogo EngiTech desenvolvido se limita a ser um artefato potencializador da aprendizagem dos alunos dos cursos de engenharia civil, não tendo a pretensão de ser a única ferramenta para tratar problemas de aprendizagem no ensino superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULWAHED, M.; NAGY, Z. K. Applying Kolb's experiential learning cycle for laboratory education. **Journal of Engineering Education**, v. 98, n. 3, p. 283-294, 2009. DOI <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01025.x>. Acesso em: 22 nov. 2019

ALBALADEJO, P. S. **Design Instrucional: criando cursos que encantam**. Udemy, 2016. 173 p. *Ebook*.

ALMÉRICO, G. M.; BAKER, R. K. Bloom's Taxonomy illustrative verbs: Developing a comprehensive list for educator use. **Florida Association of Teacher Educators Journal**, v. 1, n. 4, p. 1-10, 2004.

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. Longman, 2001.

ANNETTA, L. A. The "I's" have it: A framework for serious educational game design. **Review of General Psychology**, v. 14, n. 2, p. 105-113, 2010. DOI <https://doi.org/10.1037/a0018985>. Acesso em: 17 ago. 2020

ANNETTA, L. A.; SHYMANSKY, J. A. Investigating science learning for rural elementary school teachers in a professional - development project through three distance - education strategies. **Journal of research in science teaching**, v. 43, n. 10, p. 1019-1039, 2006. DOI <https://doi.org/10.1002/tea.20106>. Acesso em: 17 ago. 2020

APPERLEY, T. H. Genre and game studies: Toward a critical approach to video game genres. **Simulation & Gaming**, v. 37, n. 1, p. 6-23, 2006. DOI <https://doi.org/10.1177/1046878105282278>. Acesso em: 11 mai. 2021

ARAIZA-ALBA, P. *et al.* Immersive virtual reality as a tool to learn problem-solving skills. **Computers & Education**, v. 164, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121>. Acesso em: 15 mai. 2021

ARNAB, S. *et al.* Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology**, v. 46, n. 2, p. 391-411, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12113>. Acesso em: 22 abr. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. *In*: LEIVA, D. R.; SEABRA, A. C.; OLIVEIRA, V. F. (org.). **Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019/20). Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG – Capes / Fulbright)**. Brasília: ABENGE, 2021. Disponível em: <http://www.abenge.org.br>. Acesso em: 19 jul. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. **Relatório síntese**. Disponível em: http://www.abenge.org.br/file/RelatorioSintese%20_CN-DCNs_final.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. **Documento de apoio à implantação das DCN's dos cursos de graduação em engenharia**. Disponível em:

<http://www.abenge.org.br/file/DocumentoApoioImplantacaoDCNs.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

AULBUR, W.; CJ, A.; BIGGHE, R. **Skill Development for Industry 4.0**: BRICS Skill Development Working Group. Roland Berger GMBH, 2016.

AVELAR, A.; CARVALHO, M. Literature Mapping of the Use of Games for Learning Correlating with Lean: A Systematic Review. *In: European Lean Educator Conference*. Springer, Cham, p. 89-101, 2019. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_10. Acesso em: 18 jun. 2020

BANDURA, A. Self-efficacy. *In: RAMACHAUDRAN, V. S. (ed.). Encyclopedia of human behavior*, v. 4, New York: Academic Press, 1994. p. 71-81.

BARBOSA, D. M.; BAX, M. Design Science como metodologia para a criação de um modelo de Gestão da Informação para o contexto da avaliação de cursos de graduação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 10, n. 1, p. 32-48, 2017. DOI <https://doi.org/10.26512/rici.v10.n1.2017.2471>. Acesso em: 22 jun. 2020

BARNA, B.; FODOR, S. An empirical study on the use of gamification on IT courses at higher education. *In: International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Springer, Cham, 2017. p. 684-692. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-73210-7_80. Acesso em: 5 set. 2020

BAYAZIT, N. Investigating design: A review of forty years of design research. **Design issues**, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004. DOI <https://doi.org/10.1162/074793604772933739>. Acesso em: 10 out. 2020

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: 10 out. 2020

BERNARD, R. M. *et al.* A meta-analysis of three types of interaction treatments in distance education. **Review of Educational research**, v. 79, n. 3, p. 1243-1289, 2009. DOI <https://doi.org/10.3102/0034654309333844>. Acesso em: 10 out. 2020

BÍRÓ, G. I. Didactics 2.0: A pedagogical analysis of gamification theory from a comparative perspective with a special view to the components of learning. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 141, p. 148-151, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.027>. Acesso em: 10 out. 2020

BLOECHL, S. J.; MICHALICKI, M.; SCHNEIDER, M. Simulation game for lean leadership—shopfloor management combined with accounting for lean. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 97-105, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.031>. Acesso em: 15 out. 2020

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

BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T; MADAUS, G. F. **Manual de Avaliação Formativa e Somativa do Aprendiz Escolar**, 1971.

- BOYLE, E. A. *et al.* Engagement in digital entertainment games: A systematic review. **Computers in human behavior**, v. 28, n. 3, p. 771-780, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.020>. Acesso em: 10 out. 2020
- BREUER, J; BENTE, G. Why so serious? On the relation of serious games and learning. **Journal for Computer Game Culture**, v. 4, p. 7-24, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.020>. Acesso em: 10 out. 2020
- BUCKLEY, P.; DOYLE, E. Individualising gamification: An investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market. **Computers & Education**, v. 106, p. 43-55, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.009>. Acesso em: 10 out. 2020
- ÇAKIROĞLU, Ü. GÖKOĞLU, S. Development of fire safety behavioral skills via virtual reality. **Computers & Education**, v. 133, p. 56-68, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.014>. Acesso em: 10 out. 2020
- CALABOR, M. S.; MORA, A.; MOYA, S. The future of 'serious games' in accounting education: A Delphi study. **Journal of Accounting Education**, v. 46, p. 43-52, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jaccedu.2018.12.004>. Acesso em: 10 out. 2020
- CALVO-MORATA, A. *et al.* Serious games to prevent and detect bullying and cyberbullying: A systematic serious games and literature review. **Computers & Education**, v. 157, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103958>. Acesso em: 17 jun. 2021
- CARVALHO, M. B. *et al.* An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design. **Computers & education**, v. 87, p. 166-181, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.023>. Acesso em: 23 mar. 2020
- CDIO. **About**. Disponível em: <http://www.cdio.org/about>. Acesso em: 05 abr. 2021.
- CHAVEZ, B.; BAYONA, S. Virtual reality in the learning process. *In: World conference on information systems and technologies*. Springer, Cham, 2018. p. 1345-1356. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-77712-2_129. Acesso em: 2 fev. 2021
- CHECA, D.; BUSTILLO, A. A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. **Multimedia Tools and Applications**, v. 79, p. 5501-5527, 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9>. Acesso: 19 jul 2021
- 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.
- CLARK, R. W.; THRETON, M. D.; EWING, J. C. The Potential of Experiential Learning Models and Practices in Career and Technical Education and Career and Technical Teacher Education. **Journal of Career and Technical Education**, v. 25, n. 2, p. 46-62, 2010. DOI <https://doi.org/10.21061/jcte.v25i2.479>. Acesso em: 10 out. 2020
- COELHO, L. A. Apresentação. *In: COELHO, L. A. Conceitos-chave em design. (org.)*. Editora PUC-Rio e Editora Novas Ideias. 2008. p. 11-14.
- COLE, M. **Cultural Psychology: A once and future discipline**. London: Belknap Press, 1996.

- COLE, M. *et al.* **Mind and society: the development of higher psychological processes.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- CONATI, C.; MANSKE, M. Evaluating adaptive feedback in an educational computer game. *In: International workshop on intelligent virtual agents.* Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 146-158. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-642-04380-2_18. Acesso em: 10 out. 2020
- CONKLIN, J. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Blooms's taxonomy of educational objectives. *Educational Horizons*, v. 83, n. 3, p. 153-159, 2005.
- CONNOLLY, T. M. *et al.* A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & education**, v. 59, n. 2, p. 661-686, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>. Acesso em: 10 out. 2020
- CORNILLIE, F.; CLAREBOUT, G.; DESMET, P. The role of feedback in foreign language learning through digital role-playing games. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 34, p. 49-53, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.011>. Acesso em: 10 out. 2020
- CRAIGHEAD, C. W.; MEREDITH, J. Operations management research: evolution and alternative future paths. **International Journal of Operations & Production Management**, 2008. DOI <https://doi.org/10.1108/01443570810888625>. Acesso em: 10 out. 2020
- CROCKETT, L.; JUKES, I. ; CHURCHES, A. **Literacy is not enough: 21st century fluencies for the digital age.** Corwin Press, 2011.
- DALE, E. **Audio-visual methods in teaching.** 3rd. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1969.
- DAVIDSON, J. *et al.* Integration of VR with BIM to facilitate real-time creation of bill of quantities during the design phase: A proof of concept study. **Frontiers of Engineering Management**, v. 7, n. 3, p. 396-403, 2020. DOI <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0039-y>. Acesso em: 2 jul. 2021
- DE FREITAS, S. Learning in immersive worlds. **London: Joint Information Systems Committee**, p. 3-71, 2006.
- DE VIN, L. J. *et al.* Lean production training for the manufacturing industry: Experiences from Karlstad lean factory. **Procedia manufacturing**, v. 11, p. 1019-1026, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.208>. Acesso em: 14 mai. 2019
- DE VIN, L. J.; JACOBSSON, L.; ODHE, JE. Game-based lean production training of university students and industrial employees. **Procedia Manufacturing**, v. 25, p. 578-585, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.098>. Acesso em: 14 mai. 2019
- DEL BLANCO, Á. *et al.* A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow. **J. Educ. Technol. Soc.**, v. 15, n. 4, p. 305-318, 2012.
- DE-MARCOS, L.; GARCIA-LOPEZ, E.; GARCIA-CABOT, A. On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification &

social networking. **Computers & Education**, v. 95, p. 99-113, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.008>. Acesso em: 10 out. 2020

DESPEISSE, M. Teaching sustainability leadership in manufacturing: a reflection on the educational benefits of the board game Factory Heroes. **Procedia CIRP**, v. 69, p. 621-626, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.130>. Acesso em: 2 mai. 2019

DEVANE, B.; SQUIRE, K. Activity Theory in the Learning Technologies. *In*: JONASSEN, D.; LAND, S. (2nd. ed). **Theoretical Foundations of Learning Environments**. Florence, KY: Routledge, 2012.

DEWEY, J.; DEWEY, E. **Schools of tomorrow**. Bibliotech Press, 2020. 155p.

DHAWAN, S. Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crisis. **Journal of Educational Technology Systems**, v. 49, n. 1, p. 5-22, 2020. DOI <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>. Acesso em: 18 set. 2021

DIAS, J. Teaching operations research to undergraduate management students: The role of gamification. **The International Journal of Management Education**, v. 15, n. 1, p. 98-111, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.01.002>. Acesso em: 10 out. 2020

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. DOI <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.268-288.404>. Acesso em: 10 out. 2020

DIN, Z. U.; GIBSON JÚNIOR, G. E. Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study. **Safety science**, v. 115, p. 176-187, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.005>. Acesso em: 10 out. 2020

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J. P. Can "Gaming 2.0" help design "Serious Games"? a comparative study. *In*: **Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games**. 2010. p. 11-18. DOI <https://doi.org/10.1145/1836135.1836137>. Acesso em: 16 mai. 2019

DOBRESCU, L. I.; GREINER, B.; MOTTA, A. Learning economics concepts through game-play: An experiment. **International Journal of Educational Research**, v. 69, p. 23-37, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2014.08.005>. Acesso em: 10 out. 2020

DONDLINGER, M. J. Educational video game design: A review of the literature. **Journal of applied educational technology**, v. 4, n. 1, p. 21-31, 2007.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como artefatos metodológicos para engenharia de produção**. Orientador: Daniel Pacheco Lacerda. 2013. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUNLAP, J.; DOBROVOLNY, J.; YOUNG, D. Preparing e-learning designers using Kolb's model of experiential learning. **Innovate: Journal of Online Education**, v. 4, n. 4, 2008.

ECHEVERRÍA, M. P. P., POZO, J. I. Aprender a Resolver Problemas y Resolver Problemas para Aprender. In: POZO, J. (org.). **La solución de problemas**. Madrid: Ed. Santillana, 1994. DOI https://doi.org/10.1207/s15328023top2001_2. Acesso em: 2 fev. 2020

ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding. An activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy, 1987.

ENNS, C. Z. Integrating separate and connected knowing: The experiential learning model. **Teaching of Psychology**, v. 20, n. 1, p. 7-13, 1993.

EUROPEAN COMISSION. **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/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52006PC0479>. Acesso em: 20 nov. 2020.

EUROPEAN COMISSION. **Key competences - Education and training**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/education/policy/school/competences>. Acesso em: 30 set. 2019.

FABRICATORE, C. **Gameplay and game mechanics: a key to quality in videogames**, 2007.

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.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. **Passos para construção da Revisão Sistemática e Bibliometria**, v. 03.06, 2019.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Bloom's taxonomy and its adequacy to define instructional objective in order to obtain excellence in teaching. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>. Acesso em: 18 fev. 2020

FIEGEL, G. L. Incorporating learning outcomes into an introductory geotechnical engineering course. **European Journal of Engineering Education**, v. 38, n. 3, p. 238-253, 2013. DOI <https://doi.org/10.1080/03043797.2013.794200>. Acesso em: 20 jan. 2021

FILATRO, A. **Design Instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

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

FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. **Tamanho do mercado de realidade virtual, participação e análise da indústria**. Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378>. Acesso em: 17 ago. 2021.

FOX, J. *et al.* Using a serious game to communicate risk and minimize psychological distance regarding environmental pollution. **Telematics and Informatics**, v. 46, p. 101320, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.101320>. Acesso em: 19 jun. 2021

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

FREIRE, P. ***Pedagogy of the oppressed: 30th anniversary edition*** [Intro: Macedo, D., trans: Ramos, M. B.]. New York: Continuum, 2006.

FROMM, J. *et al.* More than experience?-On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle. **The Internet and Higher Education**, v. 50, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100804>. Acesso em: 19 jun. 2021

GAMPELL, A. V. *et al.* Exploring the use of the Quake Safe House video game to foster disaster and disaster risk reduction awareness in museum visitors. **International journal of disaster risk reduction**, v. 49, p. 101670, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101670>. Acesso em: 17 jun. 2021

GARBER, L. L.; HYATT, E. M.; BOYA, Ü. Ö. Gender differences in learning preferences among participants of serious business games. **The International Journal of Management Education**, v. 15, n. 2, p. 11-29, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.02.001>. Acesso em: 12 mar. 2021

GARCIA, D. A.; GROPPPI, D.; TAVAKOLI, S. Developing and testing a new tool to foster wind energy sector industrial skills. **Journal of Cleaner Production**, v. 282, p. 124549, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124549>. Acesso em: 18 jun. 2021

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. Games, motivation, and learning: A research and practice model. **Simulation & gaming**, v. 33, n. 4, p. 441-467, 2002. DOI <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>. Acesso em: 2 nov. 2020

GASKELL, A. What Is The Job Metaverse Is Trying To Do? <https://www.forbes.com/sites/adigaskell/2021/12/02/what-is-the-job-metaverse-is-trying-to-do/?sh=3cd65a27570c>. Acesso em: 7 dez. 2021

GEE, J. P. Good videogames, the human mind, and good learning. *In*: WILLOUGHBY, T.; E. WOOD, E. (ed.). **Children's learning in a digital world**. Malden, MA: Blackwell, p. 40-63, 2008. DOI <https://doi.org/10.1002/9780470696682.ch2>. Acesso em: 23 ago. 2021

GEORGIA TECH. **Introduction to User Experience Design**. Disponível em <https://www.coursera.org/learn/user-experience-design>. Acesso em: 22 jul. 2020.

GIANNETTO, D.; CHAO, J.; FONTANA, A. Gamification in a social learning environment. *In*: **Proceedings of the Informing Science and Information Technology Education Conference**. Informing Science Institute, 2013. p. 195-207. DOI <https://doi.org/10.28945/1806>. Acesso em: 13 set. 2020

GJELDUM, N.; MLADINEO, M.; VEZA, I. Transfer of model of innovative smart factory to Croatian economy using lean learning factory. **Procedia Cirp**, v. 54, p. 158-163, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.096>. Acesso em: 19 mai. 2019

GONÇALVES, P. H. **Automatização do fluxo de informações dentro do processo BIM com foco na avaliação do desempenho térmico, acústico e o custo das decisões projetuais**. Orientador: Michele Tereza Marques Carvalho. 2018. 188f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

- GÖRKE, M. *et al.* Employee qualification by digital learning games. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 229-237, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.040>. Acesso em: 10 out. 2020
- GREDLER, M. E. Games and Simulations and their Relationships to Learning. *In*: JONASSEN, D. (ed.), **Handbook of Research on Educational Communications and Technology**. (2nd ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, p. 571—581, 2004.
- GRYMUZA, A. M. G.; RÊGO, R. G. A teoria da atividade: uma possibilidade no ensino de matemática. Universidade Federal da Paraíba. **Revista Temas em Educação**, v. 23, n. 2, p. 117, 2014.
- 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 mai. 2021
- HAMARI, J. *et al.* Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. **Computers in human behavior**, v. 54, p. 170-179, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>. Acesso em: 18 jun. 2021
- HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, p. 3025–3034, 2014. DOI <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>. Acesso em: 18 jun. 2021
- HASAN, H. Integrating IS and HCI using activity theory as a philosophical and theoretical basis. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 6, n. 2, p. 44-55, 1999. DOI <https://doi.org/10.3127/ajis.v6i2.305>. Acesso em: 18 jun. 2021
- HEINONEN, S. *et al.* Testing transformative energy scenarios through causal layered analysis gaming. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 124, p. 101-113, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.011>. Acesso em: 18 jun. 2021
- HEVNER, A. R. A three-cycle view of design science research. **Scandinavian journal of information systems**, v. 19, n. 2, p. 4, 2007.
- HEVNER, A. R. *et al.* Design science in information systems research. **MIS quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004. DOI <https://doi.org/10.2307/25148625>. Acesso em: 17 set. 2020
- HOFFMANN, L. M. A.; KOIFMAN, L. O olhar supervisionado na perspectiva da ativação de processos de mudança. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 23, p. 573-587, 2013. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-73312013000200013>. Acesso em: 12 jan. 2020
- HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A. P. Bridging practice and theory: A design science approach. **Decision Sciences**, v. 40, n. 1, p. 65-87, 2009. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00221.x>. Acesso em: 12 set. 2020
- HUANG, L-Y; YEH, Y-C. Mediated enactive experience versus perceived mastery experience: An enhancing mechanism versus a mediator of character attachment and internal

political efficacy in serious games. **Computers in Human Behavior**, v. 55, p. 1085-1096, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.10.029>. Acesso em: 11 jun. 2020

HU-AU, E.; LEE, J. J. Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. **International Journal of Innovation in Education**, v. 4, n. 4, p. 215-226, 2017. DOI <https://doi.org/10.1504/IJIE.2017.10012691>. Acesso em: 12 jun. 2021

HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Editora da Universidade de São Paulo, Editora Perspectiva, 1971.

IIVARI, N.; SHARMA, S.; VENTÄ-OLKKONEN, L. Digital transformation of everyday life—How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care?. **International Journal of Information Management**, v. 55, p. 102183, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102183>. Acesso em: 12 jun. 2021

ILLINOIS CENTRAL COLLEGE. **Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**, 2011. Disponível em: <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/teaching-topics/bloom's-taxonomy>. Acesso em: 19 jun. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Índice Geral de Cursos**. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/indicadores-de-qualidade-da-educacao-superior/indice-geral-de-cursos-igc>. Acesso em: 17 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **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: 17 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **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: 17 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **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: 17 ago. 2021.

JOHNSON-GLENBERG, M. C. Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 5, p. 81, 2018. DOI <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>. Acesso em: 9 jul. 2021

JOVANE, F.; SELIGER, G.; STOCK, T. Competitive sustainable globalization general considerations and perspectives. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 1-19, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.001>. Acesso em: 12 mai. 2020

KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. John Wiley & Sons, 2012. DOI <https://doi.org/10.1145/2207270.2211316>. Acesso em: 12 mai. 2020

KAPTELININ, V.; NARDI, B. A. **Acting with technology: Activity theory and interaction design**. Cambridge, MA: MIT press, 2006. DOI <https://doi.org/10.5210/fm.v12i4.1772>. Acesso em: 12 mai. 2020

KATSANTONIS, M. N.; MAVRIDIS, I.; GRITZALIS, D. Design and Evaluation of COFELET-based Approaches for Cyber Security Learning and Training. **Computers & Security**, v. 105, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102263>. Acesso em: 17 jun. 2021

KEANE, L.; KEANE, M. STEAM by Design. **Design and Technology Education**, v. 21, n. 1, p. 61-82, 2016.

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: 13 nov. 2020

KEMBER, D.; KWAN, K. P. Lecturers' approaches to teaching and their relationship to conceptions of good teaching. **Instructional science**, v. 28, n. 5, p. 469-490, 2000.

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.

KIM, K. G. *et al.* Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education. **British Journal of Educational Technology**, v. 51, n. 6, p. 2199-2213, 2020. DOI <https://doi.org/10.1111/bjet.13026>. Acesso em: 2 fev. 2021

KIRKPATRICK, D. L. Great Ideas Revisited: Revisiting Kirkpatrick's Four-Level Model, Training and Development. **Journal of the American Society of Training Directors.**, v. 50, p. 54-57, 1996.

KNAUTZ, K. *et al.* From know that to know how—Providing new learning strategies for information literacy instruction. *In: European Conference on Information Literacy*. Springer, Cham, 2014. p. 417-426. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-14136-7_44. Acesso em: 10 out. 2020

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: 23 fev. 2021

KOCATEPE, M. Reconceptualising the notion of finding information: How undergraduate students construct information as they read-to-write in an academic writing class. **Journal of English for Academic Purposes**, v. 54, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2021.101042>. Acesso em: 12 mar. 2021

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. A comprehensive guide to the theory, psychometrics, research on validity and educational applications. Experience Based Learning Systems, Inc, 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: 9 mar. 2019

KOLB, D. A. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nova Jersey, 1984.

KOLB, D. A., BOYATZIS, R. E.; MAINEMELIS, C. Experiential learning theory: Previous research and new directions. *In*: ZHANG, L. (ed.). **Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 227-247, 2001. DOI <https://doi.org/10.4324/9781410605986-9>. Acesso em: 9 mar. 2019

KRATH, J.; SCHÜRMAN, L.; VON KORFLESCH, H. F. O. Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. **Computers in Human Behavior**, v. 125, 2021.

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: 9 mar. 2019

KUUTTI, K. *et al.* Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. **Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction**. Cambridge, MA: MIT Press, p. 17-44, 1995.

KWON, C. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using HMD-based immersive VR technologies. **Virtual Reality**, v. 23, n. 1, p. 101-118, 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0364-1>. Acesso em: 21 jun. 2021

LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, p. 741-761, São Carlos (SP): Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 2013. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>. Acesso em: 12 jan. 2020

LAGE, M. J.; PLATT, G. J.; TREGLIA, M. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. **The Journal of Economic Education**, 31, n. 1, p. 30-43, 2000. DOI <https://doi.org/10.1080/00220480009596759>. Acesso em: 4 fev. 2020

LAMB, R. L. **The application of cognitive diagnostic approaches via neural network analysis of serious educational games**. Doctoral dissertation. George Mason University, 2013.

LE, Q. T.; PEDRO, A.; PARK, C. S. A social virtual reality-based construction safety education system for experiential learning. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 79, n. 3, p. 487-506, 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/s10846-014-0112-z>. Acesso em: 12 fev. 2021

LEE, J.; HAMMER, J. Gamification in education: What, how, why bother?. **Academic exchange quarterly**, v. 15, n. 2, 2011. p. 1-5.

LEONTYEV, A. N. **Activity, consciousness, and personality**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978.

LEONTYEV, A. N. **Problems of the development of the mind**. Moscow: Progress, 1981.

LI, X. *et al.* A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Automation in Construction**, v. 86, p. 150-162, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>. Acesso em: 20 nov. 2020

LI, Z. *et al.* The Application of Student Participation in the Design of Virtual Reality Educational Products. *In: International Conference on Human-Computer Interaction*. Springer, Cham, 2019. p. 444-456. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-23538-3_34. Acesso em: 20 nov. 2020

LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Uma metodologia para a condução do processo associado ao projeto organizacional de sistemas de operações integradas. **Production**, v. 14, p. 18-35, 2004. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-65132004000200003>. Acesso em: 20 nov. 2020

LOH, C. S.; SHENG, Y.; LI, I.-H. Predicting expert–novice performance as serious games analytics with objective-oriented and navigational action sequences. **Computers in Human Behavior**, v. 49, p. 147-155, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.053>. Acesso em: 10 out. 2020

LÓPEZ, F. R. *et al.* Serious games in management education: An acceptance analysis. **The International Journal of Management Education**, v. 19, n. 3, p. 100517, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100517>. Acesso em: 10 out. 2020

LUCKE, T.; DUNN, P. K.; CHRISTIE, M. Activating Learning in Engineering Education Using ICT and the Concept of "Flipping the Classroom". **European Journal of Engineering Education**, v. 42, n.1, p. 45-57, 2017. DOI <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1201460>. Acesso em: 20 nov. 2020

LUNDGREN, S.; BJORK, S. Game mechanics: Describing computer-augmented games in terms of interaction. *In: Proceedings of TIDSE*. 2003.

MAKRANSKY, G.; LILLEHOLT, L. A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. **Educational Technology Research and Development**, v. 66, n. 5, p. 1141-1164, 2018. DOI <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>. Acesso em: 20 nov. 2020

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995. DOI [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2). Acesso em: 4 nov. 2020

MARGOLIN, V. **Design discourse: history, theory, criticism**. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.

MATHRANI, A.; CHRISTIAN, S.; PONDER-SUTTON, A. PlayIT: Game based learning approach for teaching programming concepts. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 19, n. 2, p. 5-17, 2016.

MEYER, O. A.; OMDAHL, M. K.; MAKRANSKY, G. Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. **Computers & Education**, v. 140, p. 103603, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603>. Acesso em: 20 nov. 2020

MIKROPOULOS, T. A.; BELLOU, J. **The unique features of educational virtual environments. Teaching and Learning with Technology: Construct!**, p. 249-258, 2006.

MIKROPOULOS, T.A.; NATSIS, A. Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). **Computers & Education**, v. 56, p. 769-780, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>

MIZUTANI, W. K.; DAROS, V. K.; KON, F. Software Architecture for Digital Game Mechanics: A Systematic Literature Review. **Entertainment Computing**, p. 100421, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100421>. Acesso em: 20 nov. 2020

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (org.). **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MORÉLOT, S. *et al.* Virtual reality for fire safety training: Influence of immersion and sense of presence on conceptual and procedural acquisition. **Computers & Education**, v. 166, p. 104145, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104145>. Acesso em: 17 jun. 2021

MORRIS, T. H. Experiential learning: a systematic review and revision of Kolb's model. **Interactive Learning Environments**, 2019. p. 1-14.

MÜLLER, B. C.; REISE, C.; SELIGER, G. Gamification in factory management education—a case study with Lego Mindstorms. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 121-126, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.056>. Acesso em: 4 mai. 2019

NACKE, L.; DETERDING, S. **The maturing of gamification research**. Computing in Human Behavior, p. 450-454, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.062>. Acesso em: 20 ago. 2020

NIU, S; PAN, W.; ZHAO, Y. A virtual reality integrated design approach to improving occupancy information integrity for closing the building energy performance gap. **Sustainable cities and society**, v. 27, p. 275-286, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.03.010>. Acesso em: 5 mai. 2021

NORTH, K; HORNUNG, T. The Benefits of Knowledge Management - Results of the German Award "Knowledge Manager 2002". **J. UCS**, v. 9, n. 6, p. 463-471, 2003.

NOVAK, J. D. Concept mapping: A useful tool for science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 10, p. 937-949, 1990. DOI <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>. Acesso em: 18 out. 2020

OGORODNYK, O. *et al.* Roller skis assembly line learning factory—development and learning outcomes. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 121-126, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.045>. Acesso em: 10 abr. 2019

ONIRIA. **Como saber se um game é indicado para treinamento?** Disponível em: <https://oniria.com.br/categoria/artigos/>. Acesso em: 5 ago. 2019.

ONIRIA. **Vantagens dos Serious Games**. Disponível em: <https://oniria.com.br/serious-games/>. Acesso em: 13 set. 2019.

ORVIS, K. A.; HORN, D. B.; BELANICH, J. The roles of task difficulty and prior videogame experience on performance and motivation in instructional videogames. **Computers in Human behavior**, v. 24, n. 5, p. 2415-2433, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.02.016>. Acesso em: 27 jan. 2021

PEACHY, N. **Content-based instruction**, 2010. Disponível em: <https://www.teachingenglish.org.uk/article/content-based-instruction>. Acesso em: 13 abr. 2021.

PEFFERS, K. *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007. DOI <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>. Acesso em: 29 jul. 2020

PERINI, S. *et al.* Training advanced skills for sustainable manufacturing: A digital serious game. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1536-1543, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.286>. Acesso em: 27 jan. 2021

PERSKY, S.; MCBRIDE, C. M. Immersive virtual environment technology: A promising tool for future social and behavioral genomics research and practice. **Health Communication**, v. 24, n. 8, p. 677-682, 2009. DOI <https://doi.org/10.1080/10410230903263982>. Acesso em: 28 mai. 2019

PIAGET, J. **Biology and Knowledge**. Chicago: University of Chicago Press, 1971.

PITTICH, D.; TENBERG, R.; LENSING, K. Learning factories for complex competence acquisition. *European Journal of Engineering Education*, v. 45, n. 2, p. 196-213, 2020. DOI <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1567691>. Acesso em:

PLASS, J. L.; HOMER, B. D.; KINZER, C. K. Foundations of game-based learning. **Educational Psychologist**, v. 50, n. 4, p. 258-283, 2015. DOI <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>. Acesso em: 30 out. 2020

PLATTS, K. W. A process approach to researching manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 13, n. 8, p. 4-17, 1993. DOI <https://doi.org/10.1108/01443579310039533>. Acesso em: 30 out. 2020

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**. New York: Mc Graw Hill, 2001.

PRENSKY, M. **Teaching Digital Natives**. Partnering for real learning. Thousand Oaks: Corwin, 2010.

PROSSER, M., TRIGWELL, K. **Understanding Learning and Teaching – The Experience in Higher Education**. Open University Press, Buckingham, 2000.

PROSSER, M.; TRIGWELL, K.; TAYLOR, P. A phenomenographic study of academics' conceptions of science learning and teaching. **Learning and instruction**, v. 4, n. 3, p. 217-231, 1994. DOI [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90024-8). Acesso em: 18 mai. 2019

RODRIGUES, L. P.; MOURA, L. S.; TESTA, E. Tradicional e o Moderno Quanto a Didática no Ensino Superior. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v. 4, n. 3, Pub.5, p. 1-9, 2011.

ROMERO, M. Work, games and lifelong learning in the 21st century. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 174, p. 115-121, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.634>. Acesso em: 21 jul. 2020

RYAN, R. M.; RIGBY, C. S.; PRZYBYLSKI, A. The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. **Motivation and emotion**, v. 30, n. 4, p. 344-360, 2006. DOI <https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8>. Acesso em: 21 jul. 2020

SACKS, R.; PERLMAN, A., BARAK, R. Construction safety training using immersive virtual reality. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 9, p. 1005-1017, 2013. DOI <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.828844>. Acesso em: 20 fev. 2021

SAILER, M. *et al.* How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. **Computers in Human Behavior**, v. 69, p. 371-380, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>. Acesso em: 18 out. 2020

SANABRIA, J. C.; ARÁMBURO-LIZÁRRAGA, J. Enhancing 21st century skills with AR: Using the gradual immersion method to develop collaborative creativity. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 13, n. 2, p. 487-501, 2017. DOI <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00627a>. Acesso em: 18 out. 2020

SANNINO, A. Activity theory as an activist and interventionist theory. **Theory & Psychology**, v. 21, n. 5, p. 571-597, 2011. DOI <https://doi.org/10.1177/0959354311417485>. Acesso em: 2 fev. 2020

SANTOS, M. R. **Design, Produção e Uso dos Artefatos**: Uma abordagem a partir da atividade humana. 2000. 82 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Curitiba, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2000.

SAWYER, B. Serious games: Broadening games impact beyond entertainment. *In: Computer Graphics Forum*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, p. xviii-xviii, 2007. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2007.01044.x>. Acesso em: 15 mar. 2021

SCHACTER, D. L.; GILBERT, D.T.; WEGNER, D.M. *Psychology*. New York: Worth Publishers, 2009.

SCHUNK, D. H. **Learning theories**: An Educational Perspective. New York: Printice Hall Inc., v. 53, 1996.

SEVERENGIZ, Mustafa *et al.* Influence of Gaming Elements on Summative Assessment in Engineering Education for Sustainable Manufacturing. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 429-437, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.141>. Acesso em: 12 mai. 2020

SHADBOLT, N. **Ufi skills evolution report 2008**. A vision: the future of workplace skills, 2008.

SILVA, F. S.; ARAGÃO JÚNIOR, D. P. Metodologias *ativas* para a formação dos profissionais do futuro: uma perspectiva no campus da UFC em Russas. **XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e 2º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE**, 2019.

SILVA, J. B. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. 1-13, 2020. DOI <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2803>. Acesso em: 29 nov. 2020

SIMON, H. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

SMITH, S.; ERICSON, E. Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children. **Virtual reality**, v. 13, n. 2, p. 87-99, 2009. DOI <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0113-6>. Acesso em: 29 nov. 2020

STATE UNIVERSITY. **Learning Theory: Constructivist Approach**. Disponível em: <https://education.stateuniversity.com/pages/2174/Learning-Theory-CONSTRUCTIVIST-APPROACH.html>. Acesso em: 04 abr. 2021.

STICE, J. E. Using Kolb's Learning Cycle to Improve Student Learning. **Engineering education**, v. 77, n. 5, p. 291-96, 1987.

SU, C. H.; CHENG, T. W. A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: An empirical study with PLS-SEM and IPMA. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1027, 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/su11041027>. Acesso em: 18 jan. 2021

SU, C.H.; CHENG, C. H. A mobile game-based insect learning system for improving the learning achievements. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 103, p. 42-50, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.305>. Acesso em: 12 mai. 2020

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: 18 jan. 2021

SUH, A.; PROPHET, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. **Computers in Human Behavior**, v. 86, p. 77-90, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>. Acesso em: 18 jan. 2021

SVINICKI, M. D.; DIXON, N. M. The Kolb model modified for classroom activities. **College teaching**, v. 35, n. 4, p. 141-146, 1987. DOI <https://doi.org/10.1080/87567555.1987.9925469>. Acesso em: 15 mai. 2019

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T.; YOSHIKAW, H. Modeling Design Processes. **AI magazine**, v. 11, n. 4, p. 37-37, 1990.

TAYLOR, A.; TAYLOR, M. Operations management research: contemporary themes, trends and potential future directions. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 12, p. 1316-1340, 2009. DOI <https://doi.org/10.1108/01443570911006018>. Acesso em: 16 jun 2021

TEAGUE, A. *et al.* A collaborative serious game for water resources planning and hazard mitigation. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 53, p. 101977, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101977>. Acesso em: 2 jul. 2021

THAMBYAH, A. On the design of learning outcomes for the undergraduate engineer's final year project. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 1, p. 35-46, 2011. DOI <https://doi.org/10.1080/03043797.2010.528559>. Acesso em: 20 ago 2020

THOMPSON, J.; BERBANK-GREEN, B.; CUSWORTH, N. **The computer game design course: principles, practices and techniques for the aspiring game designer**. Thames & Hudson, 2007.

TIBONI, G. R.; BERNARDINIS, M. A. P. Inovações no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR) sob a ótica das Metodologias Ativas. **Revista Técnico-Científica**, n. 20, 2019.

TVENGE, N.; MARTINSEN, K. Integration of digital learning in industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 23, p. 261-266, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.027>. Acesso em: 3 jun. 2019

TVENGE, N.; OGORODNYK, O. Development of evaluation tools for learning factories in manufacturing education. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 33-38, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.157>. Acesso em: 3 jun. 2019

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Core Competency Framework, 2016**. Disponível em: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/Careers/undp-hr-core-competency-2016.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems**. 2009. Disponível em: <http://desrist.org/desrist/article.aspx>. Acesso em: 27 mai. 2020

VAN AKEN, J. E. Management research as a design science: Articulating the research products of mode 2 knowledge production in management. **British journal of management**, v. 16, n. 1, p. 19-36, 2005. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2005.00437.x>. Acesso em: 3 mar. 2019

VAN AKEN, J. E.; BERENDS, J. J.; BIJ, J. D. **Problem solving in organizations: A methodological handbook for business and management students**. Cambridge University Press, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100541>. Acesso em: 18 abr. 2019

VÄNNINEN, I.; QUEROL, M. P.; ENGSTRÖM, Y. Double stimulation for collaborative transformation of agricultural systems: The role of models for building agency. **Learning, Culture and Social Interaction**, v. 30, p. 100541, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100541>. Acesso em: 17 jun 2021

VARGAS-SANTIAGO, M. *et al.* The adaptable Pareto set problem for facility location: A video game approach. **Expert Systems with Applications**, v. 186, p. 115682, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115682>. Acesso em: 17 jun 2021

VENABLE, J.; PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. FEDS: a framework for evaluation in design science research. **European Journal of Information Systems**, v. 25, n. 1, p. 77-89, 2016. DOI <https://doi.org/10.1057/ejis.2014.36>. Acesso em: 30 mar. 2020

VICTORIA STATE GOVERNMENT. **Teach with digital technologies. Disponível em:** <https://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/digital/Pages/teach.aspx>. Acesso em: 12 dez. 2020.

VON GLASERFELD, E. Radical constructivism. *In:* WATZLAWICK, P. (ed.). **The invented reality**. Cambridge, MA: Harvard University Press, p. 17-40, 1984.

VYGOTSKY, L. **Mind and society: the development of higher psychological processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

WECHSELBERGER, U. Teaching me softly: Experiences and reflections on informal educational game design. *In:* **Transactions on Edutainment II**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 90-104. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-642-03270-7_7. Acesso em: 14 mar 2020

WIGGINS, B. E. An overview and study on the use of games, simulations, and gamification in higher education. **International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)**, v. 6, n. 1, p. 18-29, 2016. DOI <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2016010102>. Acesso em: 18 jun 2021

WINN, W. Research into practice: Current trends in educational technology research: The study of learning environments. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 3, p. 331-351, 2002. DOI <https://doi.org/10.1023/A:1016068530070>. Acesso em: 12 mar 020

WOHLGENANNT, I.; SIMONS, A.; STIEGLITZ, S. Virtual reality. **Business & Information Systems Engineering**, v. 62, n. 5, p. 455-461, 2020. DOI <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>. Acesso em: 20 jan 2021

YAMIN, M.; KATT, B.; NOWOSTAWSKI, M. Serious games as a tool to model attack and defense scenarios for cyber-security exercises, **Computers & Security**, Volume 110, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102450>. Acesso em: 18 jul 2021

YAN, W.; CULP, C.; GRAF, R. Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization. **Automation in Construction**, v. 20, n. 4, p. 446-458, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.013>. Acesso em: 18 jul 2021

YEE, N. The psychology of MMORPGs: Emotional investment, motivations, relationship formation, and problematic usage. **Avatars at work and play: Collaboration and interaction in shared virtual environments**, v. 34, p. 187-207, 2006.

YUSOFF, A. *et al.* A conceptual framework for serious games. *In:* **2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies**. IEEE, 2009. p. 21-23. DOI <https://doi.org/10.1109/ICALT.2009.19>. Acesso em: 3 fev 2021

YUSOFF, A. **A conceptual framework for serious games and its validation**. Publish doctoral thesis - University of Southampton, Faculty of engineering, sciences and mathematics - Southampton, United Kington, 2010. DOI <https://doi.org/10.1109/ICALT.2009.19>. Acesso em: 3 fev 2021

ZAWACKI-RICHTER, O.; LATCHEM, C. Exploring four decades of research in Computers & Education. **Computers & Education**, v. 122, p. 136-152, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001>. Acesso em: 20 jan 2021

ZHANG, X. *et al.* How virtual reality affects perceived learning effectiveness: a task–technology fit perspective. **Behaviour & Information Technology**, v. 36, n. 5, p. 548-556, 2017. DOI <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1268647>. Acesso em: 20 jan 2021

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design. Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps**. Canada: O'Reilly Media, 2011.

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. **Computer**, v. 38, n. 9, p. 25-32, 2005. DOI <https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>. Acesso em: 20 jan 2021

ANEXOS

ANEXO A – TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA

ANEXO B – CATEGORIAS DO DOMÍNIO COGNITIVO

ANEXO C – MATRIZ CURRICULAR – CURSO ENGENHARIA CIVIL

ANEXO D – HABILIDADES E COMPETÊNCIAS

ANEXO E - PLANO DE ENSINO “ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS”

ANEXO A – TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA (estrutura do processo cognitivo)

1. Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Reconhecendo e Reproduzindo.

2. Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo, Comparando e Explicando.

3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Executando e Implementando.

4. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Diferenciando, Organizando, Atribuindo e Concluindo.

5. Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Checando e Criticando.

6. Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos. Representado pelos seguintes verbos no gerúndio: Generalizando, Planejando e Produzindo.

Fonte: Adaptado de Anderson; Krathwohl, 2001

ANEXO B – CATEGORIAS DO DOMÍNIO COGNITIVO

Taxonomia original		Taxonomia revisada
<p>Categoria: 1.0 Conhecimento</p>	<p>Conhecimento específico</p> <p>Conhecimento de formas e significado relacionados às especificidades do conteúdo</p> <p>Conhecimento universal e abstração relacionados a um determinado campo de conhecimento</p>	<p>1.1 Conhecimento Efetivo: relacionado ao conteúdo básico que o discente deve dominar a fim de que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento. Relacionado aos fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados. Conhecimento da Terminologia; e Conhecimento de detalhes e elementos específicos.</p> <p>1.2 Conhecimento Conceitual: relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e agora precisam ser conectados. Esquemas, estruturas e modelos foram organizados e explicados. Nessa fase, não é a aplicação de um modelo que é importante, mas a consciência de sua existência. Conhecimento de classificação e categorização; Conhecimento de princípios e generalizações; e Conhecimento de teorias, modelos e estruturas.</p> <p>1.3 Conhecimento Procedural: relacionado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar. Conhecimento de conteúdos específicos, habilidades e algoritmos; Conhecimento de técnicas específicas e métodos; e Conhecimento de critérios e percepção de como e quando usar um procedimento específico.</p> <p>1.4 Conhecimento Metacognitivo: relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimentos previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura. Conhecimento estratégico; Conhecimento sobre atividades cognitivas incluindo contextos preferenciais e situações de aprendizagem (estilos); e Autoconhecimento.</p>

Fonte: Anderson; Krathwohl, 2001

ANEXO D – COMPETÊNCIAS E HABILIDADES GERAIS E ESPECÍFICAS DO CURSO

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES GERAIS	ATIVIDADES ACADÊMICAS RELACIONADAS
Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia	O desenvolvimento de conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais, aplicados à engenharia, dá-se por meio de projetos de iniciação científica e de extensão, bem como, por meio de exercícios e experimentos realizados em todas as disciplinas aplicadas em sala de aula e nos laboratórios.
Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados	Os alunos são estimulados a conduzir experimentos e interpretar resultados em pesquisas dentro do Projeto Integrador, das disciplinas do curso e dos Estágios disponibilizados nos laboratórios. Há incentivos institucionais, com bolsas de iniciação científica (PIBIC). Além disso, o curso possui dois núcleos de Pesquisa continuada: Núcleo de Pesquisa em Simulação Computacional – NUPESC e o Núcleo de Pesquisa em Estruturas e Análise de Materiais - NUPEAM. Os núcleos visam estimular a pesquisa experimental, sendo coordenados por professores/pesquisadores.
Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica	O desenvolvimento da comunicação se dá mais especificamente, nas disciplinas de Cultura e Sociedade, Linguagem e Comunicação, Formação Geral, Trabalho de Conclusão de Curso, Projetos Integradores., de Desenho Projetivo e de Expressão Gráfica. A comunicação oral é estimulada durante as aulas e apresentações de trabalhos em congressos. O curso desenvolve, também, diversas visitas técnicas em obras e palestras técnicas.
Atuar em equipes multidisciplinares	Projeto Integrador; Estágios Supervisionados e Trabalho de Conclusão de Curso.
Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais	A ética e a responsabilidade profissional são exigidas ao longo de qualquer atividade desenvolvida pelos discentes. Esta é uma temática transversal a todos os conteúdos e atividades trabalhadas durante o curso. Em Formação Geral é discutido o Código de Ética conforme estabelece a entidade de classe (CONFEA/CREA)
Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.	Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.
Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas	Atividades complementares; Trabalho de Conclusão de Curso; Monitorias; Participação em Projetos de Pesquisa e Extensão. Além do mais as disciplinas de Expressão Gráfica, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, Topografia cumprem o requisito proposto devido a utilização de softwares específicos.

Fonte: IES, 2018

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES ESPECÍFICAS	ATIVIDADES ACADÊMICAS RELACIONADAS
Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas	Concreto Armado, Estrutura de Madeira e Estruturas Metálicas, Tecnologia dos Materiais de Construção, Técnicas Construtivas, Geotecnia Ambiental, Estágios Supervisionados e Trabalho de Conclusão de Curso.
Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas	Estágios Supervisionados; Atividades Complementares; Participação em Projetos de Pesquisa e Extensão, Congressos e eventos específicos
Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos	Arquitetura e Urbanismo, Instalações Prediais, Orçamento e Planejamento de Obras, Tecnologia dos Materiais de Construção, Técnicas Construtivas, Estruturas de Madeira e Estruturas Metálicas, Estruturas de Estradas, Geotecnia Ambiental, Concreto Armado, Engenharia Sanitária e Ambiental, Pontes e Estruturas Especiais, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Fundações e Arrimos. Os Projetos Integradores propõem ao discente o desenvolvimento de projetos específicos com foco na inovação.
Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;	O planejamento, a supervisão, a elaboração e a coordenação de projetos e serviços se dão por meio de simulações em estudos de casos dentro das disciplinas na área de Engenharia e, posteriormente, com o Trabalho de Conclusão de Curso. Deve-se ressaltar que o Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção estimula as habilidades e competências descritas por meio do Estágio e Pesquisa Científicas.
Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;	Estágios Supervisionados, Instalações Prediais, Orçamento e Planejamento de Obras, Tecnologia dos Materiais de Construção, Técnicas Construtivas, Estruturas de Madeira e Estruturas Metálicas, Estruturas de Estradas, Geotecnia Ambiental, Concreto Armado, Engenharia Sanitária e Ambiental, Pontes e Estruturas Especiais, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Fundações e Arrimos. As Monitorias, os Projetos de Pesquisa como PIBIC e o Trabalho de Conclusão de Curso atendem as competências.
Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental	O curso possui na sua matriz curricular diversas disciplinas que desenvolvem esta habilidade e competência, a saber, Cultura e Sociedade, Formação Geral, Geotecnia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos, Técnicas Construtivas, Engenharia Sanitária e Ambiental, Arquitetura e Urbanismo, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Gestão Ambiental e Projetos Integradores, que avaliam os impactos positivos e negativos das atividades de engenharia nos contextos social e ambiental.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES ESPECÍFICAS	ATIVIDADES ACADÊMICAS RELACIONADAS
Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia	A viabilidade econômica de projetos de engenharia é praticada durante as disciplinas de Projetos Integradores e Orçamento e Planejamento de Obras, além de avaliações e de estudos de viabilidade realizados dentro do conteúdo das disciplinas que envolvam a elaboração de projetos. Os Projetos de Iniciação Científica entendem os requisitos propostos neste item.

Fonte: IES, 2018

ANEXO E – PLANO DE ENSINO “ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS”

Plano de Ensino: ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS - 2/2018

Carga horária semanal: 2

Carga horária total: 40

Ementa

Orçamentação, tipos de orçamentos, planejamento, sequência de trabalhos e de execução, produtividade, dimensionamento de equipes, cronograma físico-financeiro, controle e acompanhamento de obras.

Objetivos gerais

Discernir com clareza os conceitos de custos e despesas, aprender como são formados os preços de construção, planejar e gerenciar uma obra de forma eficiente.

Objetivos específicos

Determinar os quantitativos e custos de uma obra com a utilização de metodologias específicas. Planejar e gerenciar uma construção com técnicas de planejamento.

Conteúdo

- 1 - Conceito de orçamento/planejamento
 - 1.1 - Ciclo de vida do empreendimento na visão do orçamento
 - 1.2 - Função do setor de planejamento técnico
- 2 - Tipos de orçamentos
 - 2.1 - Orçamento por estimativas
 - 2.2 - Orçamento preliminar
 - 2.3 - Orçamento detalhado
- 3 - Padrões de construção e referência de custos
 - 3.1 - CUB (Custo Unitário Básico de Construção)
 - 3.2 - SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil)
 - 3.3 - CUPE (Custo Unitário Pini de Edificações)
- 4 - Técnicas de orçamentação
 - 4.1 - Orçamentação por estimativas paramétricas
 - 4.2 - Orçamento preliminar e executivo dos custos de construção
- 5 - Preparo de orçamentos de construção e avaliações de custos unitários
 - 5.1 - Levantamento dos quantitativos de produção

- 5.2 - Produtividade e RUP (razão unitária de produtividade)
- 5.3 - Custos diretos
- 5.4 - Custos indiretos
- 5.5 - Impostos
- 5.6 - Leis sociais
- 5.7 - Cálculo do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas)
- 5.8 - Composição de custos
- 5.9 - Cálculo do preço de venda sob a ótica dos custos
- 6 - Processos de planejamento
- 6.1 - Iniciação
- 6.2 - Planejamento
- 6.3 - Execução e controle
- 6.4 - Finalização
- 7 - Ferramentas e indicadores
- 7.1 - Matriz Swott
- 7.2 - Ciclo PDCA
- 7.3 - EAP (Estrutura Analítica de Projeto)
- 7.4 - Redes de Precedência
- 7.5 - Gráfico de Gantt
- 7.6 - Cronograma físico-financeiro
- 7.7 - Curva S
- 7.8 - Curva ABC
- 7.9 - PPC (Percentual de Programação Concluída)

Atividade prática supervisionada

Visita a obras e aulas em laboratório de informática.

Metodologia

Aulas expositivas, grupos de discussão, trabalhos em sala

Recursos didáticos

Data-show, lousa, computadores.

Avaliação

Serão distribuídos 100 pontos no decorrer do semestre segundo PPC, sendo: 3 avaliações com 20 pontos cada, avaliação colegiada com 20 pontos e avaliação integradora com 20 pontos.

Referência bibliográfica básica

CARDOSO, Roberto Sales. Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos. 2.ed. São Paulo: Pini, 2011. 498 p. ISBN 9788572662369.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo: Pini,. Mensal. ISSN 1519-8898. Disponível em: <<http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>>

EQUIPE DE OBRA. São Paulo: Pini,. Bimestral. Substituído por (Pré AACR2) Técnica: A Revista do Engenheiro Civil. ISSN 1806-9576. Disponível em:

<http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas: estudos de caso: exemplos. São Paulo: PINI, 2006. 281 p. ISBN 857266176X (broch.).

TÉCHNE: A Revista do Engenheiro Civil. São Paulo: PINI,1992-. Mensal. ISSN 0104-1053. Disponível em: <http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>

TISAKA, Maçahico. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Pini, 2011. 470 p. ISBN 9788572662475 (broch.).

Referência bibliográfica complementar

ECONOMIA, NEGÓCIOS E SOCIEDADE. Campinas: PUC- CAMPINAS - Pontifícia Universidade Católica,. Semestral. ISSN 1983-63-68.

MUKAI, Toshio. A empresa privada nas licitações públicas: manual teórico e prático. São Paulo: Atlas, 2000. 153p

SILVA, Walteno Marques. Licitações e contratos: a lei n.8.666 e suas inovações. 2. ed. Brasília: Brasília Jurídica, 1995. 175 p

TCPO: tabelas de composições de preços para orçamentos. 14. ed. São Paulo: PINI, 2012 659 p. ISBN 9788572662512 (Broch.).

TCPOWEB. [São Paulo]: PINI, c2016. Disponível em:

<http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>. Acesso em: 28 nov. 2018.

Material de Apoio

Projeto Pedagógico do Curso

Fonte: IES, 2018

APÊNDICES

APÊNDICE I - 1ª revisão da literatura

APÊNDICE II - 2ª revisão da literatura

APÊNDICE III – Codificação do protótipo

APÊNDICE I – 1ª revisão da literatura

	Din et al., 2019	Caboret al., 2019	Garber et al., 2017	Görke et al., 2017	Vin et al., 2018	Bloch et al., 2017	Loh et al., 2015	De Vin et al., 2017	Ogundh et al., 2017	Huang, Yeh, et al., 2016	Permi et al., 2015	Rome et al., 2018	Trengs; Ogvodnyl, 2018	Severe ngiz et al., 2018	Despei et al., 2018	Heimon et al., 2017	Morten et al., 2019	Dobrescu, et al., 2015	Müllera et al., 2015
Fatores positivos																			
Aprendizagem experiencial		✓				✓	✓	✓		✓			✓			✓	✓	✓	✓
Alta escalabilidade					✓					✓									
Caminhos de aprendizagem individuais																			
Facilitam a aquisição do conhecimento		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	
Trabalham soft skills								✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓			✓
Aprendizado autônomo									✓			✓			✓				
Melhoram a produtividade	✓							✓					✓	✓	✓				
Melhoram o engajamento	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limitações																			
Demandam recursos em tecnologia avançada da informática		✓																	
Necessidade de coordenar uma variedade de componentes																			
Preconceito (jogos são entendidos como lazer)																			✓
Dificuldade de integração no currículo acadêmico																			
Dificuldade de aceitação pelos docentes		✓																	

APÊNDICE II – 2ª revisão da literatura

AUTORES	JOURNAL	FATOR DE IMPACTO	TÍTULO
Sofia Schöbel, Mohammed Saqr, Andreas Janson	Computers & Education	8,540	Two decades of game concepts in digital learning environments – A bibliometric study and research agenda
Antonio Calvo-Morata, Cristina Alonso-Fernández, Manuel Freire, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón	Computers & Education	8,540	Serious games to prevent and detect bullying and cyberbullying: A systematic serious games and literature review
Sarah Morélot, Alain Garrigou, Julie Dedieu, Bernard N'Kaoua	Computers & Education	8,540	Virtual reality for fire safety training: Influence of immersion and sense of presence on conceptual and procedural acquisition
Jaziar Radianti, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, Isabell Wohlgenannt	Computers & Education	8,540	A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda
Muhammad Mudassar Yamin, Basel Katt, Mariusz Nowostawski	Computers & Security	4,340	Serious games as a tool to model attack and defense scenarios for cyber-security exercises
Menelaos N. Katsantonis, Ioannis Mavridis, Dimitris Gritzalis	Computers & Security	4,340	Design and Evaluation of COFELET-based Approaches for Cyber Security Learning and Training
Stephen Hart, Andrea Margheri, Federica Paci, Vladimiro Sassone	Computers & Security	4,340	Riskio: A Serious Game for Cyber Security Awareness and Education
Heinrich Peters, Andrew Kyngdon, David	Computers in Human Behavior	6,829	Construction and validation of a game-based intelligence assessment in Minecraft
Sa Liu, Min Liu	Computers in Human Behavior	6,829	The impact of learner metacognition and goal orientation on problem-solving in a serious game environment
Anthony Viennaminovich Gampell, J.C. Gaillard, Meg Parsons, Loïc Le Dé	International Journal of Disaster Risk Reduction	4,320	Exploring the use of the Quake Safe House video game to foster disaster and disaster risk reduction awareness in museum visitors
A. Teague, Y. Sermet, I. Demir, M. Muste	International Journal of Disaster Risk Reduction	4,320	A collaborative serious game for water resources planning and hazard mitigation
Cristina Alonso-Fernández, Manuel Freire, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón	Telematics and Informatics	6,182	Improving evidence-based assessment of players using serious games
Jesse Fox, Jessica McKnight, Yilu Sun, David Maung, Roger Crawfis	Telematics and Informatics	6,182	Using a serious game to communicate risk and minimize psychological distance regarding environmental pollution
Netta Iivari, Sumita Sharma, Leena Ventä-Olkkonen	International Journal of Information Management	14,098	Digital transformation of everyday life – How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care?
Jennifer Fromm, Jaziar Radianti, Charlotte Wehking, Stefan Stieglitz, Tim A. Majchrzak, Jan vom Brocke	The Internet and Higher Education	7,178	More than experience? - On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle
Chi Zhang, José E. Ramirez-Marquez, Diana A. León-Velasco	Expert Systems with Applications	6,950	The adaptable Pareto set problem for facility location: A video game approach
Davide Astiaso Garcia, Daniele Groppi, Siamak Tavakoli	Journal of Cleaner Production	9,297	Developing and testing a new tool to foster wind energy sector industrial skills
Wei Yan, Charles Culp, Robert Graf	Automation in Construction	7,700	Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization

Fonte: A Autora, 2021

AUTORES	JOURNAL	FATOR DE IMPACTO	
Sofia Schöbel, Mohammed Saqr, Andreas Janson	Computers & Education	8,540	Two decades of game concep A bibliometric study and rese
Antonio Calvo-Morata, Cristina Alonso-Fernández, Manuel Freire, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón	Computers & Education	8,540	Serious games to prevent and systematic serious games and
Sarah Morélot, Alain Garrigou, Julie Dédieu, Bernard N'Kaoua	Computers & Education	8,540	Virtual reality for fire safety sense of presence on concept

<p>Jaziar Radianti, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, Isabell Wohlgenannt</p>	<p>Computers & Education</p>	<p>8,540</p>	<p>A systematic review of immersive technologies in higher education: Design elements and research agenda</p>
<p>Muhammad Mudassar Yamin, Basel Katt, Mariusz Nowostawski</p>	<p>Computers & Security</p>	<p>4,340</p>	<p>Serious games as a tool to motivate students in cyber-security exercises</p>

Menelaos N. Katsantonis, Ioannis Mavridis, Dimitris Gritzalis	Computers & Security	4,340	Design and Evaluation of CO Security Learning and Trainin
AUTORES	JOURNAL	FATOR DE IMPACTO	
Stephen Hart, Andrea Margheri, Federica Paci, Vladimiro Sassone	Computers & Security	4,340	Riskio: A Serious Game for C Education

<p>Heinrich Peters, Andrew Kyngdon, David Stillwell</p>	<p>Computers in Human Behavior</p>	<p>6,829</p>	<p>Construction and validation of assessment in Minecraft</p>
<p>Sa Liu, Min Liu</p>	<p>Computers in Human Behavior</p>	<p>6,829</p>	<p>The impact of learner metacognitive problem-solving in a serious game</p>

Anthony Viennaminovich Gampell, J.C. Gaillard, Meg Parsons, Loïc Le Dé	International Journal of Disaster Risk Reduction	4,320	Exploring the use of the Qual disaster and disaster risk redu
A. Teague, Y. Sermet, I. Demir, M. Muste	International Journal of Disaster Risk Reduction	4,320	A collaborative serious game hazard mitigation
AUTORES	JOURNAL	FATOR DE IMPACTO	
Cristina Alonso-Fernández, Manuel Freire, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón	Telematics and Informatics	6,182	Improving evidence-based as games

<p>Jesse Fox, Jessica McKnight, Yilu Sun, David Maung, Roger Crawfis Volume 46, 2020,</p>	<p>Telematics and Informatics</p>	<p>6,182</p>	<p>Using a serious game to combat psychological distance regarding</p>
<p>Netta Iivari, Sumita Sharma, Leena Ventä-Olkkonen</p>	<p>International Journal of Information Management</p>	<p>14,098</p>	<p>Digital transformation of every pandemic transformed the business and why information management</p>
<p>Jennifer Fromm, Jaziar Radianti, Charlotte Wehking, Stefan Stieglitz, Tim A. Majchrzak, Jan vom Brocke</p>	<p>The Internet and Higher Education</p>	<p>7,178</p>	<p>More than experience? - On the reality to afford a holistic experience</p>

<p>Mariano Vargas-Santiago, Raúl Monroy, Chi Zhang, José E. Ramirez-Marquez, Diana A. León-Velasco</p>	<p>Expert Systems with Applications</p>	<p>6,950</p>	<p>The adaptable Pareto set problem game approach</p>
<p>Davide Astiaso Garcia, Daniele Groppi, Siamak Tavakoli, Developing and testing a new tool to foster wind energy sector industrial skills, Journal of Cleaner Production, Volume 282, 2021,</p>	<p>Journal of Cleaner Production</p>	<p>9,297</p>	<p>Developing and testing a new industrial skills</p>

APÊNDICE III – CODIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Existem 2 códigos principais para o protótipo, um código de movimentação do jogador na simulação e um código para gerenciar a lógica da simulação, o código de movimentação tem uma função muito importante chamada FixedUpdate, a cada um frame na tela essa função é chamada, e dentro dela existe o trecho de código para a movimentação do jogador.

```
Assembly-CSharp | PlayerMovement
14 void FixedUpdate()
15 {
16     if (Input.GetKey(KeyCode.D))
17     {
18         this.transform.Rotate(0,Time.deltaTime * 35, 0);
19     }
20     if (Input.GetKey(KeyCode.A))
21     {
22         this.transform.Rotate(0,Time.deltaTime * -1 * 35, 0);
23     }
24
25     if (Input.GetKey(KeyCode.W))
26     {
27         this.transform.Translate(0,0,Time.deltaTime * 150);
28     }
29     if (Input.GetKey(KeyCode.S))
30     {
31         this.transform.Translate(0,0,Time.deltaTime * -1 * 150);
32     }
33 }
```

A função confere se está sendo recebido algum sinal do teclado para as teclas a,s,d ou w, caso alguma delas esteja sendo pressionada, o personagem se movimenta durante a simulação ao longo dos eixos X e Z. Já na parte de lógica do jogo, o código SceneManger vai conter todas as variáveis e funções necessárias para a simulação, pelo fato de se tratar de um protótipo o código tem uma estrutura monolítica e não otimizada, o que é normal quando se busca apenas validar a ideia com o cliente, a primeira função padrão que é executada se chama Start, ela é chamada assim que o primeiro frame de vídeo ocorre, no caso do protótipo ela vai alocar os valores corretos das quantidades de materiais que o jogador deve descobrir.

```
void Start()
{
    tijolosNecessarios = 73.49f;
    areiaNecessaria    = 0.03192f;
    calNecessaria      = 4.79164f;
    cimentoNecessario  = 5.39056f;
}
```

Outra função importante é a Update que vai ser chamada a cada frame de vídeo, é nela que o código confere ou não se ele deve criar os objetos na tela de simulação, como os tijolos, ou os sacos de cimento.

```

if (tijolosComprados <= 0)
{
    pilhaDeTijolos.gameObject.SetActive(false);
}
else
{
    pilhaDeTijolos.gameObject.SetActive(true);
}

if (areiaComprada <= 0)
{
    pilhaDeAreia.gameObject.SetActive(false);
}
else
{
    pilhaDeAreia.gameObject.SetActive(true);
}

if (cimentoComprado > 0)
{
    sacosCimento_1.gameObject.SetActive(true);
}

if (cimentoComprado > 50)
{
    sacosCimento_2.gameObject.SetActive(true);
}

if (cimentoComprado > 100)

```

Outra parte contida na função Update é o trecho de código que gerencia o tempo que a simulação deve durar, que para o protótipo é de 30 segundos.

```

if (tempoDeSimulação >= 30f && simulacaoTerminada == false)
{
    GeraRelatorioObra();
    OpenPanels(3);
    simulacaoTerminada = true;
}

```

Após o término da simulação existe uma função que é chamada para gerar os relatórios finais de feedback chamada GerarRelatório mostrada abaixo:

```

public void GeraRelatorioObra()
{
    string relatorio = "Status da obra: ";

    custoReal = (tijolosNecessarios * 0.68f) + (areiaNecessaria * 95f) + (calNecessaria * 0.90f) + (cimentoNecessario * 0.50f);
    custoPrevisto = (tijolosComprados * 0.68f) + (areiaComprada * 95f) + (calComprada * 0.90f) + (cimentoComprado * 0.50f);

    if (tijolosComprados >= tijolosNecessarios &&
        areiaComprada >= areiaNecessaria &&
        calComprada >= calNecessaria &&
        cimentoComprado >= cimentoNecessario)
    {
        relatorio += "Custo real da obra :";
        relatorio += custoReal.ToString();
        relatorio += "\nreais\nCusto da simulacao :";
        relatorio += custoPrevisto.ToString();
        relatorio += "\nreais\nDiferenca :";
        float value;
        value = (custoPrevisto * 100f) / custoReal;
        value = (value - 100);
        relatorio += value.ToString();
        relatorio += "%\n";

        if (value <= 35)
        {
            relatorio += "Sucesso precisao aceitavel\n";
        }
        else
        {
            relatorio += "Falha - precisao inaceitavel\n";
        }
    }
}

```

Essa função calcula a precisão do jogador, o custo real da obra a partir dos dados inseridos na função Start, e ainda modifica o texto de feedback para o usuário dependendo de seu desempenho. Para demonstrar como o feedback funciona em código veja o trecho abaixo, onde o programa confere se algum dos materiais deixou de ser comprado em quantidade suficiente, caso sim, o código adiciona o texto informando a falha no feedback.

```

if (tijolosComprados <= tijolosNecessarios)
{
    relatorio += "- Tijolos insuficientes\n";
}
if (areiaComprada <= areiaNecessaria)
{
    relatorio += "- Areia insuficiente\n";
}
if (calComprada <= calNecessaria)
{
    relatorio += "- Cal insuficiente\n";
}
if (cimentoComprado <= cimentoNecessario)
{
    relatorio += "- Cimento insuficiente\n";
}

relatorio += "Tente novamente!\n";

```

O código que gerencia as telas ativas em que o usuário pode interagir está contido em duas funções, uma chamada OpenPanels e outra ClosePanels, essas funções recebem como parâmetro um número inteiro representando qual painel deve ser ativado ou desativado.

```

139
140 public void OpenPanels(int panelToOpen)
141 {
142     if (panelToOpen == 1)
143         jobDescriptionPanel.gameObject.SetActive(true);
144
145     if (panelToOpen == 2)
146         MaterialsBuyPanel.gameObject.SetActive(true);
147
148     if (panelToOpen == 3)
149         reportPanel.gameObject.SetActive(true);
150 }
151
152 public void ClosePanels(int panelToClose)
153 {
154     if (panelToClose == 1)
155     {
156         jobDescriptionPanel.gameObject.SetActive(false);
157         OpenPanels(2);
158     }
159
160     if (panelToClose == 2)
161     {
162         MaterialsBuyPanel.gameObject.SetActive(false);
163         materiaisComprados = true;
164     }
165
166     if (panelToClose == 3)
167         reportPanel.gameObject.SetActive(false);
168 }

```

Antes da simulação ocorrer os materiais devem ser comprados, pelo jogador, existe uma função chamada AdicionaMaterialComprado e outra RemoveMaterialComprado cujo funcionamento é análogo a primeira, o que essas funções fazem é receber os dados da interface gráfica sobre os valores dos materiais comprados, essa função também vai ser responsável por atualizar na interface gráfica os valores atualizados após eles serem adicionados ou subtraídos pelo jogador.

```

239
240 public void AdicionaMaterialComprado(int opcao)
241 {
242     if (opcao == 1)
243     {
244         tijolosComprados += 50;
245     }
246     if (opcao == 2)
247     {
248         areiaComprada += 0.1f;
249     }
250     if (opcao == 3)
251     {
252         cimentoComprado += 5;
253     }
254     if (opcao == 4)
255     {
256         calComprada += 5;
257     }
258
259     UpdateBuyListTexts();
260 }

```

Fonte: Elaborado por Gustavo Severo (*designer* de jogos) a pedido da autora.