

Jogos Educacionais e Gamificação para a Formação de Competências para a Sustentabilidade no Ensino de Engenharia

Educational Games and Gamification for Developing Sustainability Competencies in Engineering Education

Nicholas Van-Erven Ludolf

Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro
nicholasuff@gmail.com

Helvio Jeronimo Junior

Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro
jeronimohjr@gmail.com

RESUMO

A formação de engenheiros para a sustentabilidade requer o desenvolvimento de competências que articulem dimensões técnicas, sociais e ambientais. Embora Jogos Educacionais (JE) e Gamificação venham sendo utilizados no ensino de engenharia, ainda são pouco exploradas suas interfaces com as Competências para a Sustentabilidade (CpS). Este estudo teve como objetivo identificar aplicações de JE e Gamificação voltadas à promoção de CpS em cursos de engenharia, bem como mapear metodologias e competências relacionadas. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura nas bases Scopus e Web of Science, utilizando termos relacionados à sustentabilidade, jogos, gamificação, engenharia e educação. Dos 343 documentos inicialmente identificados, 105 foram selecionados após aplicação do filtro documental e, posteriormente, sete atenderam ao critério de inclusão. Os estudos analisados indicaram aplicações frequentemente combinadas com Realidade Virtual, Realidade Aumentada ou Design Artístico. Foram identificadas cinco CpS: pensamento crítico sustentável, trabalho em grupo interdisciplinar, resolução sustentável de problemas, visão de futuro sustentável e pensamento sistêmico sustentável. Os resultados evidenciam uma literatura ainda restrita e apontam oportunidades para novas pesquisas sobre JE e Gamificação na formação de engenheiros para a sustentabilidade.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Educação Superior. Desenvolvimento de Competências. Inovação. Aprendizagem Ativa.

ABSTRACT

Training engineers for sustainability requires the development of competencies that integrate technical, social, and environmental dimensions. Although Educational Games (EGs) and Gamification have increasingly been used in engineering education, their interfaces with Sustainability Competencies (SCs) remain underexplored. This study aimed to identify applications of EGs and Gamification designed to foster SCs in engineering programs, as well as to map the related methodologies and competencies. A systematic literature review was conducted using the Scopus and Web of Science databases, employing search terms related to sustainability, games, gamification, engineering, and education. Of the 343 documents initially

* Recebido em 29 de julho de 2025, aprovado em 29 de outubro de 2025, publicado em 30 de dezembro de 2025.

identified, 105 were retained after applying the document-type filter, and seven subsequently met the inclusion criterion. The studies analyzed indicated that these approaches were frequently combined with Virtual Reality, Augmented Reality, or Artistic Design. Five SCs were identified: sustainable critical thinking, interdisciplinary teamwork, sustainable problem-solving, sustainable future thinking, and sustainable systems thinking. The findings indicate that the literature remains limited and highlight opportunities for further research on EGs and Gamification in engineering education for sustainability.

Keywords: Sustainable Development. Higher Education. Competency Development. Innovation. Active Learning.

1. INTRODUÇÃO

Neste século, um dos maiores desafios para a sociedade está relacionado à necessidade de que esta se torne sustentável, ou seja, passe a se comportar de forma social, ambiental e economicamente responsável, satisfazendo as necessidades das presentes gerações sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Para este fim, faz-se necessário romper com a visão de mundo fundamentada na racionalidade ocidental, abraçando uma visão pautada pelo pensamento integrado, aquele que não ignora as interdependências existentes entre os fenômenos sociais, ambientais e econômicos. Entende-se que para isto serão necessárias mudanças de valores e de comportamentos, individuais e coletivos e, neste sentido, não há como prescindir de uma educação comprometida com estas mudanças (QUELHAS, et al., 2019).

Neste contexto, a Educação Superior (ES) assume um papel importante, pois neste nível de ensino são formados profissionais que vão atuar e tomar decisões sobre os recursos sociais, ambientais e econômicos. Logo, estes futuros profissionais necessitam perceber a sua função na busca por transformações para uma sociedade sustentável.

Na perspectiva da engenharia, a atuação dos profissionais desta área, quando afastada dos princípios da sustentabilidade, pode causar impactos negativos à vida das pessoas, a outros seres vivos e aos ecossistemas. Neste sentido, faz-se necessário que, em sua formação, os (as) engenheiros (as) sejam preparados para encontrarem soluções sustentáveis para os problemas que enfrentarão (LOUREIRO et al., 2016).

Assim, muitos autores ressaltam a necessidade e urgência da formação de um novo tipo de engenheiro (a) consciente do seu papel social e ambiental, além de seu compromisso técnico e dotado de competências que o (a) capacitem a lidar com os aspectos sociais e ambientais das tecnologias (BAZZO et al. 2000; DWEK et al. 2011; QUELHAS et al. 2011; CHRIST et al. 2015; LOUREIRO et al. 2019)

Pesquisadores como Christ et al. (2015) destacam o fato de que a engenharia ocupa um lugar importante na EpS e que deve passar por adaptações para poder contribuir para um futuro sustentável. Para este fim, têm havido, nas últimas décadas, um grande número de artigos publicados documentando ou avaliando esforços individuais e institucionais para renovar currículos de engenharia, não apenas iniciativas relacionadas a um curso individual, mas também iniciativas relacionadas a programas inteiros, com o objetivo de criar currículos inteiramente novos.

Não é raro que os esforços para renovar os currículos de engenharia envolvam uma perspectiva pedagógica, com a utilização de metodologias de aprendizagem ativas (MA) e também com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação TIC no ensino-aprendizagem como dramatizações, jogos de simulação, dentre outros (HEDDEN et al, 2017; ROSE et al, 2015; GUERRA, 2017).

Na pesquisa realizada por Quelhas et al. (2019), que utilizou uma revisão sistemática da literatura, foram abordadas as metodologias de ensino-aprendizagem capazes de promover as competências para sustentabilidade em cursos de engenharia. Entretanto, nenhum dos trabalhos encontrados nesta revisão apresentou correlações entre os JE e Gamificação e as competências para a sustentabilidade na engenharia. Desta forma, surge a principal questão para a presente pesquisa: Existem JE e Gamificação sendo utilizados ou indicados para a promoção das competências para a sustentabilidade em cursos de Engenharia?

Portanto, o objetivo principal do presente trabalho é identificar interfaces entre os Jogos Educacionais e Gamificação e as Competências para a Sustentabilidade em cursos de engenharia.

Do objetivo principal derivam os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar aplicações de JE e Gamificação para desenvolver as CpS em cursos de engenharia;
2. Mapear as principais metodologias utilizadas nestas aplicações;
3. Mapear as principais competências atendidas nas aplicações encontradas.

Muitos pesquisadores alertam para a urgência das questões relacionadas à sustentabilidade.

Neste sentido, Marques (2023) alerta que o momento presente é o mais crucial na história da nossa espécie, pois agora serão decididas coletivamente as chances de sobrevivência do projeto humano. Segundo este e outros pesquisadores, estamos no que se pode chamar de “decênio decisivo”. Seguindo esta linha, Steffen (2021) diz: “Estamos numa bifurcação, não teremos outra década para hesitar como fizemos na década passada”.

Voltando a Marques (2023), este nos alerta sobre a afirmação de Steffen acima:

“Aos que ainda continuam a se fiar em mudanças incrementais, em responsabilidade corporativa, em mercados de carbono ou em balas de prata tecnológicas a afirmação precedente parecerá, à primeira vista, descabida, pois não a vemos refletida na pauta de negociações diplomáticas, nos programas partidários, nos currículos escolares e universitários, nas análises políticas e no receituário de economistas”.

Por fim, Mintz e Tal (2013) apontam para a sustentabilidade como um dos maiores desafios a serem enfrentados pela humanidade no século XXI. Portanto, a EpS assume um lugar de destaque não só para os alunos, mas também para as instituições de ensino superior (IES).

Desta maneira, haja vista o que foi acima dito, fica evidente a urgência e a alta relevância das questões relacionadas à sustentabilidade e as consequentes mudanças necessárias na educação, justificando a presente pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Educação e sustentabilidade

Em um nível global, a forma de educação que vem sendo indicada para enfrentar os desafios e barreiras relacionadas à construção de uma sociedade sustentável é a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) ou Educação para a Sustentabilidade (EpS).

Tanto a EDS quanto a EpS podem ser definidas como a educação que visa preparar os indivíduos para lidar com problemas que ameaçam a sustentabilidade (problemas econômicos, sociais e ambientais). Além do conhecimento e compreensão das questões socioambientais a EDS/EpS também visa afetar atitudes, mudar comportamentos e promover competências necessárias para moldar um futuro sustentável (UNESCO, 2017). Essa perspectiva multidimensional da sustentabilidade também encontra respaldo em estudos recentes sobre o desenvolvimento de soluções tecnológicas, nos quais aspectos de sustentabilidade social e

econômica são considerados conjuntamente no desenvolvimento de software. (SILVA et al., 2025).

No presente trabalho, será adotado o termo EpS pelo fato de o termo EDS ser criticado por alguns pesquisadores devido a palavra “desenvolvimento” que pode ser atrelada a palavra “crescimento”. Alguns autores defendem que não ser possível o crescimento infinito do Produto Interno Bruto (PIB) dos países pois os recursos naturais são finitos, não podendo suportar tal crescimento.

A EpS no Ensino Superior (ES) apresenta origem recente. A maior parte das iniciativas ocorreu após a Cúpula da Terra do Rio em 1992 e a Agenda 21. A relevância do papel da educação na promoção da sustentabilidade foi reconhecida pela ONU com a declaração da Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DESD) (2005-2014) (ROSE et al., 2015).

De acordo com Loureiro et al. (2016) a EpS no ES, vem sendo construída por meio de instrumentos e declarações assinadas por diversas universidades ao redor do planeta. Como exemplo, pode-se citar o Espaço Europeu de Educação Superior (EEES) que tem como objetivo propiciar uma educação comprometida com a sustentabilidade em Instituições de Ensino Superior (IES) da comunidade europeia. Seguindo esta mesma linha, podem ser citados outros exemplos como a Organização Internacional de Universidades para o Desenvolvimento Sustentável e o Meio Ambiente (OIUDSMA), a Parceria de Sustentabilidade Global para o Ensino Superior (GHESP), e a Associação Internacional de Universidades (IAU). As referidas iniciativas têm inspirado encontros, congressos, dentre outros que são indícios do crescimento do interesse da educação superior na EpS.

2.2 As competências para a sustentabilidade no ensino-aprendizagem em engenharia

De acordo com alguns autores como Bazzo et al. (2000) e Dwe et al. (2011), o ensino de engenharia no contexto brasileiro apresenta uma forte ênfase tecnicista, oferecendo – como deve ser – uma boa preparação que permite que os futuros (as) engenheiros (as) tenham capacidade para lidar com os aspectos técnicos referentes à sua profissão. Entretanto, esta ênfase no tecnicismo deixa de lado aspectos mais amplos como aqueles relacionados à sustentabilidade. Desta forma, os autores mencionados apontam a necessidade do redirecionamento da formação com forte ênfase tecnológica que ocorre na engenharia para uma

perspectiva que aborda as suas múltiplas implicações com as dimensões sociais, ambientais, culturais e econômicas.

Os (as) engenheiros (as) possuem uma forte relação com a produção de conhecimento e tecnologias capazes de causar grandes impactos à sociedade e ao meio ambiente. Dessa forma, torna-se necessária a formação de um novo tipo de engenheiro (a) que tenha clareza e consciência de seu papel social além de seu compromisso técnico, orientado a lidar com os aspectos sociais e ambientais das tecnologias (QUELHAS et al., 2019). Essa relação entre conhecimento tecnológico e sustentabilidade também pode ser observada em estudos voltados à arquitetura de software, nos quais a eficiência energética é tratada como uma dimensão relevante no desenvolvimento e na avaliação de soluções tecnológicas. (NEVES et al., 2025).

A promoção de competências para a sustentabilidade tem sido um meio adotado com o objetivo de mudar o ensino de engenharia em outros países.

Em seus estudos, Winter e Cotton (2012), assim como Guerra (2017) discutem a importância de os estudantes universitários desenvolverem a capacidade de lidar com as características da sociedade pós-moderna, tais como questões econômicas, alterações climáticas, desigualdade social, esgotamento de recursos e a natureza interligada destes desafios. Esses autores também enfatizam a importância das competências para sustentabilidade, uma vez que compreender os conceitos e fundamentos relacionados à sustentabilidade por si só não é suficiente para desenvolver atitudes e disposições para criar estratégias para a tomada de decisões sustentáveis.

Assim, cabe ao ES em engenharia proporcionar aos seus discentes os conhecimentos, habilidades e atitudes, ou seja, competências que os capacitem e orientem a enfrentarem os desafios técnicos e econômicos apresentados por meio de soluções que minimizem os impactos negativos ambientais e sociais. Nesse sentido, a sustentabilidade na engenharia também envolve a capacidade de desenvolver e avaliar tecnologias orientadas às necessidades humanas, à autonomia e à acessibilidade, ampliando a compreensão da dimensão social das soluções tecnológicas (CRIZOSTI et al., 2025).

Desta forma, diversas propostas de competências para a sustentabilidade vêm sendo apresentadas por pesquisadores, governos, associações, etc., como no estudo apresentado por Quelhas et al. (2019) onde estes apresentam um conjunto de competências necessárias para a

formação de “engenheiros (as) verdes”, ou seja, aqueles orientados e capacitados para a sustentabilidade.

O artigo publicado por Quelhas et al. (2019), o qual o presente pesquisador participou como coautor, apresenta um conjunto de competências necessárias para a formação de “engenheiros (as) verdes”, ou seja, aqueles orientados e capacitados para a sustentabilidade. O Quadro 1 apresenta as referidas competências.

Quadro 1: Competências para a sustentabilidade

Competência	Descrição
Pensamento crítico	Competência para questionar padrões, práticas e opiniões e refletir sobre os próprios valores, percepções e ações. É necessário que engenheiros (as) aprendam a questionar o status quo para que tenham uma atuação sustentável.
Trabalhar em grupo interdisciplinar	Competência para respeitar e compreender opiniões, necessidades, comportamentos e ações dos demais componentes de uma equipe, buscando sempre a colaboração na resolução de problemas e conflitos.
Resolução de problemas	Competência para resolver problemas complexos em sua área de atuação, desenvolvendo opções de soluções viáveis, inclusivas e equitativas que promovam o desenvolvimento sustentável.
Pensamento sistêmico	Competência para identificar e compreender as interações entre sistemas e pessoas nos aspectos econômico, social, cultural, ambiental, jurídico e político onde operam. Adotar uma abordagem sistêmica, uma visão holística e interdisciplinar, considerando todos os aspectos, bem como a interação entre estes.
Competência normativa	Competência para compreender e refletir sobre os padrões e valores que fundamentam as ações das pessoas, com ênfase na conduta ética e profissional relacionada ao contexto da sustentabilidade na profissão.
Autoconhecimento	Competência em que o indivíduo reflete sobre o próprio papel na comunidade local e sociedade, avaliando continuamente as suas próprias ações e lidando com os seus próprios sentimentos e desejos. Esta pode promover condutas socialmente e ambientalmente responsáveis na vida cotidiana, cidadã e profissional.
Visão de Futuro	É a competência de compreender e avaliar os diversos futuros, no contexto da sustentabilidade, em decorrência das decisões atuais.
Pensamento estratégico/Inovação	A crise dos recursos naturais e problemas sociais trazem a necessidade de as organizações repensarem suas estratégias em relação as suas cadeias de valor. Este cenário traz em sua essência novos desafios, necessidades e oportunidades, dentre estas, a necessidade de profissionais com competências para buscar novos relacionamentos entre inovação, tecnologia e design, buscando a sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Quelhas et al. (2019).

As competências relacionadas no Quadro 1, que foram adotadas como referência para este estudo, foram encontradas após uma extensa revisão da literatura científica sobre o tema em questão e posterior análise das referidas competências por especialistas da área.

Todas estas apresentadas por Quelhas et al. (2019) referem-se ao contexto da sustentabilidade, entretanto, possuem terminologia genérica. Portanto, estas são propostas agora com terminologia mais específica no Quadro 2, estando, assim, mais em acordo com a sua origem assim como e seu objetivo.

Quadro 2: Competências para a sustentabilidade (nova terminologia)

Terminologia original	Terminologia adaptada para este artigo
Pensamento crítico	Pensamento crítico sustentável
Trabalhar em grupo interdisciplinar	Trabalhar em grupo interdisciplinar
Resolução de problemas	Resolução sustentável de problemas
Pensamento sistêmico	Pensamento sistêmico sustentável
Competência normativa	Atuação ética para a sustentabilidade
Autoconhecimento	Autoconhecimento sustentável
Visão de Futuro	Visão de futuro sustentável
Pensamento estratégico/Inovação	Inovação sustentável

Fonte: Adaptado de Quelhas et al. (2019).

Nesse sentido, a formação do engenheiro para a sustentabilidade não deve restringir-se à compreensão abstrata dos problemas socioambientais, mas também envolver a capacidade de incorporar princípios de sustentabilidade às próprias soluções tecnológicas desenvolvidas em sua prática profissional, a aproximação entre competências técnicas e preocupações relacionadas à sustentabilidade, evidenciam que decisões de natureza tecnológica podem produzir implicações ambientais relevantes (NEVES et al., 2025) .

2.3 Jogos Educacionais e Gamificação no ensino-aprendizagem

Nos últimos anos, tem-se observado uma crescente transformação da postura pedagógica no contexto educacional, onde as tecnologias digitais estão exercendo um papel cada vez mais importante. Neste cenário, Costa (2021) afirma que ensinar com o auxílio das novas tecnologias será considerado uma revolução se, simultaneamente, mudarmos os paradigmas convencionais do ensino que distanciam professores de alunos.

Abordando a questão por um uma outra perspectiva, Wiek e Kay (2015) afirmam que abordagens no ensino superior baseadas no modelo “emissor-receptor” e “aquisição de conhecimento” não são capazes de desenvolver as competências necessárias para os cenários atuais, onde podem ser citadas as competências para resolver problemas relacionados à sustentabilidade.

Assim, novas tecnologias vêm sendo empregadas para fins educacionais. Como exemplo pode-se observar: computadores, celulares, tablets, internet, redes sociais, e-mail, ambientes de aprendizagem, televisão, jogos, dentre outros (MORAN et al. 2012). No campo da engenharia, tecnologias digitais e sistemas inteligentes também vêm sendo empregados para simular, monitorar e controlar sistemas relacionados a problemas ambientais, como demonstrado em estudos envolvendo sistemas inteligentes para o monitoramento e controle (SANTANA et al., 2025). Dentre as tecnologias citadas, este trabalho tem foco nos jogos educacionais e gamificação.

Os Jogos Educacionais (JE) surgiram da combinação de entretenimento com educação. Tratam-se de artefatos de aprendizagem interativos e imersivos, os quais têm atraído cada vez mais a atenção de profissionais da área da educação. No âmbito do Ensino Superior (ES) os Jogos Educacionais podem ser observados em diversas áreas como medicina e enfermagem, contabilidade, engenharia, negócios e gestão (DALLAQUA et al. 2024). A crescente utilização destes jogos em cursos de graduação e pós-graduação verifica-se devido ao seu caráter inovador que tem o potencial de transformar o professor em facilitador, colocando aluno como o principal responsável pelo seu próprio aprendizado.

De acordo com Vlachopoulos e Makri, (2017) os JE no ES proporcionam a aprendizagem por meio de experiências imersivas em cenários e desafios que buscam simular ambientes do mundo real, proporcionando a capacidade de diminuir o espaço existente entre a compreensão teórica e a aplicação prática.

Para Vatan (2003) esta simulação ocorre através de um modelo simplificado da realidade. Logo, esta nunca será perfeita, tendo em vista que a realidade apresenta diversas e complexas variáveis, muitas das quais não podem ser representadas de forma adequada em um modelo. Entretanto, mesmo diante das limitações da simulação, exigem visão integrada e multidisciplinar de seus usuários, tornando-os importantes para o processo de ensino aprendizagem.

Estas características fazem com que os JE tenham o potencial de facilitar o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, ou seja, competências. Essa dimensão é particularmente relevante em contextos educacionais nos quais se busca não apenas transmitir conhecimentos técnicos, mas também desenvolver atitudes, comportamentos e estratégias de conscientização diante de situações concretas. Estudos recentes realizados no ambiente acadêmico reforçam a importância da conscientização e da dimensão humana na formação superior, especialmente diante de situações em que a vulnerabilidade dos indivíduos pode influenciar suas ações e decisões (CARVALHO; PEDRINI, 2025).

Pode-se citar aqui a competência para o trabalho colaborativo em equipe interdisciplinar, a competência para levar em conta as várias perspectivas nos processos decisórios – poderiam ser citadas aqui as perspectivas econômicas, sociais e ambientais, como se faz necessário para a sustentabilidade –, entre outras competências (VLACHOPOULOS; MAKRI, 2017). A relevância do compartilhamento de conhecimentos para processos de inovação também é discutida na literatura sobre organizações, na qual a capacidade absorptiva aparece como elemento associado à transformação do conhecimento compartilhado em resultados de inovação e desempenho (JOANELLA; LAIMER, 2023).

Seguindo a linha do parágrafo anterior e, aproximando-se do objetivo deste artigo, Rose et al. (2015) ressaltam que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) podem auxiliar no desenvolvimento das competências para a sustentabilidade pois auxiliam na promoção de metodologias ativas e na interdisciplinaridade no ensino-aprendizagem em engenharia. Como exemplos são citados os jogos e as simulações.

O conceito de jogos aplicados para fins educacionais, aqui denominados por Jogos Educacionais (JE) tem recebido diversas definições, muitas destas limitando estes a jogos de computador, não levando em conta, por exemplo, os jogos de tabuleiro. Assim, de acordo com Zyda (2005), um JE pode ser definido como “uma competição mental, disputada por meio de um computador, de acordo com regras específicas, que utiliza o entretenimento para promover o governo ou treinamento empresarial, educação, saúde, políticas públicas e comunicação estratégica”.

Desta forma, o presente trabalho utiliza para os JE a definição conforme em Abt (1987): os JE “têm um caráter explícito e propósito educacional cuidadosamente pensado e não se destinam a serem jogados principalmente para diversão”. Logo, o conceito adotado não se

restringe ao formato de jogo e sim pela finalidade pretendida, podendo assim abranger diversas plataformas para além do computador, inclusive os jogos de tabuleiro.

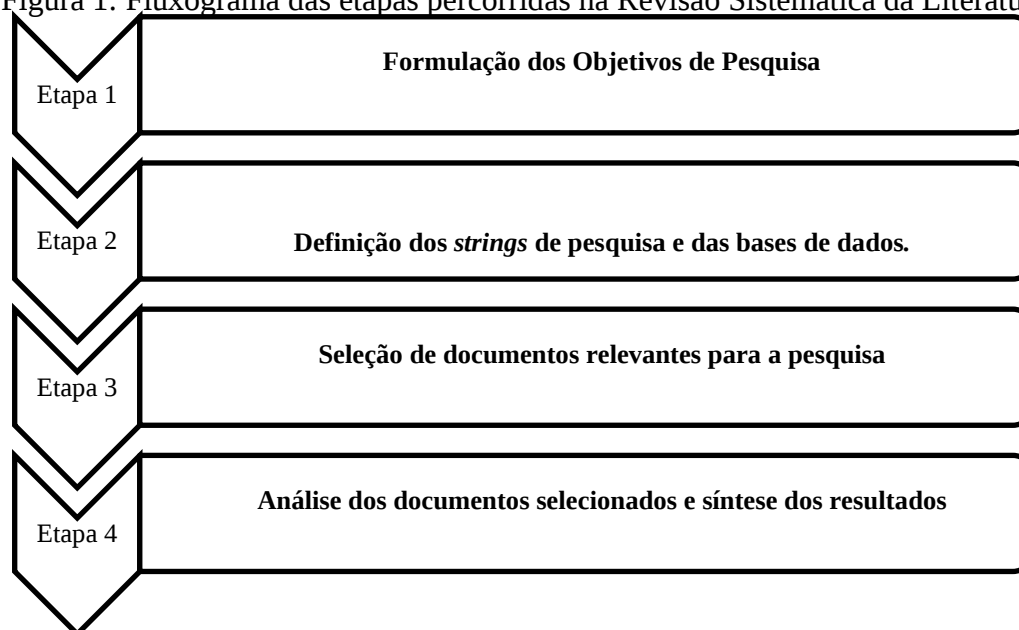
Por fim, vale ressaltar a importância da distinção entre os conceitos de Aprendizagem Baseada em Jogos (ABJ) e Gamificação. O conceito de Gamificação está relacionado ao “uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos” (DETERDING et al. 2011), enquanto a ABJ faz referência a obtenção de resultados de aprendizagem por meio de um jogo ou brincadeira (KRATH et al. 2021), ou seja, por meio de um Jogo Educacional (JE). Assim, o escopo deste trabalho está relacionado à utilização de JE e Gamificação para a promoção das Competências para a Sustentabilidade (CpS) em cursos de graduação em Engenharia.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Para atender aos objetivos de pesquisa foi realizada uma revisão sistemática da literatura em bases científicas como a Scopus e Web of Science, relacionando os seguintes temas: JE e Gamificação no ensino-aprendizagem em engenharia e CpS.

O presente estudo tem por finalidade encontrar interfaces entre a utilização dos JE e Gamificação no ensino-aprendizagem em engenharia e as CpS. Desta forma, foram adotadas as etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma das etapas percorridas na Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Os autores.

O objetivo desta RSL foi definido de acordo com o escopo da pesquisa. Assim, a definição das strings de busca e das bases de dados estão alinhadas a esse objetivo.

Para a definição destes strings de busca foi utilizado o método da geração de árvore de palavras-chave. Seguindo o referido método, foram identificadas palavras-chave, no sentido vertical e horizontal, com base nos objetivos da pesquisa. No sentido vertical, o objetivo é estabelecer eixos temáticos distintos e complementares que ampliem a cobertura da pesquisa. No sentido horizontal, ramificam-se os eixos temáticos, proporcionando o aprofundamento e a especialização das pesquisas sobre o tema (FARIAS FILHO, 2009).

Após a definição das strings de busca, as bases científicas foram definidas, finalizando a Etapa 2. Assim, foram adotadas as seguintes bases: Scopus e Web of Science. Esta escolha se deve a alta relevância e abrangência das mesmas para os temas da presente pesquisa.

Na Etapa 3, a partir do total de trabalhos acadêmicos encontrados nas bases por meio das strings foram selecionados aqueles que apresentaram aderência ao tema. Esta seleção foi feita por meio da leitura do título e do resumo dos trabalhos encontrados. Quando necessário, também foi realizada a leitura da conclusão destes para averiguar se esses deveriam ser selecionados.

Por fim, após a seleção dos trabalhos que apresentaram relação com o tema da pesquisa, foi realizada a leitura completa dos mesmos com o objetivo de encontrar aspectos relacionados ao objetivo 2 deste trabalho.

Assim, a definição das expressões booleanas utilizadas em cada base de dados, o tipo de pesquisa e a quantidade de documentos encontrados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Preenchimento dos campos de pesquisa

Campo de Pesquisa	Preenchimento utilizado	Quantidade de documentos encontrados
Research String (Scopus and Web of Science)	<i>((sustainability OR “sustainable development”) AND (game OR gamification) AND (engineering OR engineer) AND (education OR teaching OR learning OR competencies OR competence OR skill))</i>	-
Type of research (Scopus)	Article Title, Abstract, Keywords	241
Type of research (Web of Science)	TOPIC	102

Fonte: Os autores

Nesta pesquisa inicial foi encontrado um total de 343 documentos. Entretanto, um filtro para esta pesquisa inicial foi aplicado referente ao tipo de documento, sendo selecionados apenas Artigos e Revisões pelo fato de estes serem avaliados por pares o que pode garantir uma maior qualidade para as pesquisas selecionadas.

Tabela 2: Filtros de pesquisa aplicados

Campo de pesquisa	Preenchimento utilizado	Número de documentos selecionados
<i>Type of research (Scopus)</i>	<i>Document Type: Article and Review.</i>	53
<i>Type of research (Web of Science)</i>	<i>Document Type: Article and Review.</i>	52

Fonte: Os autores

Conforme apresentado nas tabelas, foram encontrados 105 documentos através do método de busca utilizado nas bases de dados selecionadas. Após esta etapa, foi realizada uma nova seleção por meio da leitura do resumo e conclusão (quando necessário) para encontrar os trabalhos de maior relevância para esta pesquisa, seguindo o critério de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Nesse sentido, o critério de inclusão escolhido é o seguinte: Trabalhos que relacionam JE ou Gamificação com as Competências para a Sustentabilidade no ensino-aprendizagem em engenharia;

Portanto, a partir do conjunto de artigos pré-selecionados nas etapas anteriores, foram excluídos desta revisão os trabalhos que não foram enquadrados no critério mencionado acima. A Tabela 3 apresenta o número de trabalhos selecionados em cada base de dados.

Tabela 3: Total de trabalhos selecionados em cada base

Base	Número de trabalhos selecionados
Scopus	5
Web of Science	2

Fonte: Os autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos Resultados

O Quadro 3 apresenta os referidos trabalhos e os seus respectivos achados para esta pesquisa.

Quadro 3: Sumarização das informações relevantes dos trabalhos selecionados

Autores e ano de publicação	Título	Método	Metodologias Relacionadas	Competências relacionadas
------------------------------------	---------------	---------------	----------------------------------	----------------------------------

Voukkali et al. (2023)	Factors affecting social attitude and behavior for the transition towards a circular economy	Revisão da Literatura	Gamificação	Pensamento crítico sustentável; Resolução sustentável de problemas.
De Fino et al. (2023)	Boosting urban community resilience to multi-hazard scenarios in open spaces: A virtual reality – serious game training prototype for heat wave protection and earthquake response	Revisão da Literatura e Proposição de protótipo para treinamento de pessoas	Realidade Virtual combinada com Jogos Educacionais	Desenvolvimento de comportamentos responsivos em situações de desastres lentos ou repentinos (segurança e sustentabilidade??)
Han, et al. (2023)	Virtual reality-facilitated engineering education: A case study on sustainable systems knowledge	Estudo de caso	Realidade Virtual combinada com Gamificação e Design Artístico	Pensamento crítico sustentável.
Dallaqua, et al. (2024)	Serious games research streams for social change: Critical review and framing	Revisão da Literatura	Jogos Educacionais	Trabalho em grupo interdisciplinar; Resolução sustentável de problemas.
Makri (2022)	Does the Cards against Calamity Learning Game Facilitate Attitudes toward Negotiation, Civics, and Sustainability? Empirical Findings from Greek Graduates	Estudo empírico	Jogos Educacionais	Negociação de conflitos; Resolução sustentável de problemas.
Czok et al. (2023)	Learning Effects of Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development	Estudo empírico	Realidade Aumentada combinada com Gamificação	Pensamento crítico sustentável.

Scurati et al. (2022)	Sustainability awareness in engineering design through serious gaming	Revisão da Literatura e Estudo Empírico	Jogos Educacionais e Gamificação	Trabalho em grupo interdisciplinar; Visão de futuro sustentável; Pensamento sistêmico sustentável; Pensamento crítico sustentável.
-----------------------	---	---	----------------------------------	---

Após a apresentação do quadro acima, os artigos científicos que neste constam são apresentados com maiores informações para um melhor esclarecimento.

Artigo 1 – Factors affecting social attitude and behavior for the transition towards a circular economy

Em um trabalho que aborda os fatores sociais que podem afetar a transição para a economia circular, Voukkali et al. (2023) estudam a maneira pela qual a digitalização pode auxiliar a sociedade na promoção da mudança para o comportamento sustentável. Estes afirmam a importância em garantir que os institutos de educação como universidades, escolas etc. sejam os pilares desta mudança e destacam, baseados em suas pesquisas, que novos modelos educativos como a gamificação podem ser úteis para promover a forma de pensar sustentável e auxiliar os alunos a adquirir competências como o pensamento crítico e a resolução de problemas.

Artigo 2 - Boosting urban community resilience to multi-hazard scenarios in open spaces: A virtual reality – serious game training prototype for heat wave protection and earthquake response

O artigo é desenvolvido no contexto de um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) adotados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Mais especificamente o ODS 11 que tem por objetivo “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”(Nações Unidas, 2015).

Neste sentido, a pesquisa desenvolvida por De Fino et al. (2023) demonstra que novas estratégias de educação utilizando Jogos Educacionais combinados com Realidade Virtual (JE – RV) podem auxiliar os futuros engenheiros (as) no desenvolvimento de comportamentos responsivos em situações de desastres lentos ou repentinos, impulsionando, assim, a resiliência das construções urbanas inseridas em um processo mais amplo de segurança e sustentabilidade.

Desta forma a referida pesquisa propõe um protótipo de treinamento combinando RV com JE para cenários que envolvem múltiplos riscos, como ondas de calor e terremotos em espaços urbanos.

Por fim, vale destacar que, de acordo com De Fino et al. (2023), os conteúdos dos JE - RV são organizados por objetivos de aprendizagem, disponibilizados em cenários subsequentes e seguindo um enredo. O jogador (a) é solicitado a solucionar um problema ou realizar uma escolha, agindo sobre itens e personagens virtuais. Tais ações recebem feedback imediato, instruindo o jogador (a) a respeito da resposta correta. Tal abordagem pode impulsionar a compreensão, a recordação e motivação dos alunos (as).

Artigo 3 – Virtual reality-facilitated engineering education: A case study on sustainable systems knowledge

O estudo desenvolvido por Han et al. (2023) buscou verificar a adoção de elementos da Realidade Virtual (RV), Gamificação e Design Artístico (DA) no ensino-aprendizagem em engenharia para temas relacionados a sustentabilidade. Alguns temas abordados foram as alterações climáticas e as comunidades sustentáveis.

Desta forma, foi realizada uma experiência interativa e imersiva, onde os participantes foram submetidos a atividades que envolvem elementos dos jogos, RV e DA para ensino-aprendizagem relacionado a engenharia ambiental e sustentabilidade.

Os resultados da pesquisa mostraram que a experiência despertou nos participantes a curiosidade em saber mais sobre conceitos e temas relacionados à sustentabilidade e o pensamento crítico relacionado a este contexto.

Artigo 4 – Serious games research streams for social change: Critical review and framing

Nesta pesquisa, Dallaqua et al. (2024) realizaram uma revisão da literatura sobre os Jogos Educacionais (JE) utilizados em cursos de engenharia e gestão. O estudo mostra que a literatura científica sobre JE para o ensino de engenharia e gestão tem crescido mais rapidamente nos últimos anos. Os resultados mostram ainda que a literatura encontrada nesse campo se divide em cinco linhas principais de pesquisa: diretrizes de design de jogos; casos de design de jogos; diretrizes de experimentos de jogos; casos de experimentos de jogos e estudos generalistas.

Os autores, baseados nos achados deste estudo, enfatizam a necessidade de investigar a adoção dos JE para a educação para o desenvolvimento sustentável, pois estes podem auxiliar no desenvolvimento de competências para a sustentabilidade como as seguintes:

- Competência para o trabalho em equipe, melhorando a compreensão mútua entre os membros de um time e promovendo a compreensão de diversas perspectivas.
- Competência para resolver questões em cenários complexos, levando em conta as ramificações das escolhas e aproveitando o fracasso como uma oportunidade de aprendizagem.

Artigo 5 - Does the Cards against Calamity Learning Game Facilitate Attitudes toward Negotiation, Civics, and Sustainability? Empirical Findings from Greek Graduates

Neste artigo, Makri (2022), por meio de um estudo empírico, analisa a contribuição do Jogo Educacional “Cards Against Calamity” na promoção de competências – algumas destas relacionadas à sustentabilidade - em um ambiente universitário.

O jogo acontece em uma plataforma digital onde diversos cenários são simulados e ilustrados. O enredo deste game é construído em torno dos personagens que assumem a função de prefeito de uma cidade localizada à beira-mar. O objetivo dos jogadores é buscar o equilíbrio entre os objetivos e necessidades dos vários grupos interessados como pescadores, turistas e empresários, garantindo, ao mesmo tempo, a geração de empregos e a prevenção e proteção contra emergências ambientais e eventos naturais como tufões e excessos de turistas.

O estudo empírico, ou seja, a aplicação do jogo mostrou resultados promissores para a promoção de competências como a negociação construtiva e a resolução de problemas e associados ao contexto da sustentabilidade.

Artigo 6 - Learning Effects of Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development

Esta pesquisa, desenvolvida por Czok et al. (2023) abordou a aplicação da Realidade Aumentada (RA) combinada com a adição de elementos dos jogos (Gamificação) no ensino-aprendizagem de ciências em escolas do ensino superior. Neste sentido, foi realizado um estudo usando um ambiente de RA baseado em um game que aborda questões relacionadas à sustentabilidade em uma abordagem interdisciplinar, combinando as disciplinas de biologia, química e engenharia.

Dentre os achados deste trabalho foi destacado que a combinação de jogo e RA pode promover diversos benefícios educacionais, tais como a elevação da motivação e engajamentos dos estudantes, a aquisição de conhecimentos, e o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico

Artigo 7 - Sustainability awareness in engineering design through serious gaming

O artigo escrito por Scurati et al. (2022) aborda a utilização de Jogos Educacionais (JE) e Gamificação para a promoção de competências para a sustentabilidade nos desenvolvedores de projetos de produtos e sistemas. Em outras palavras, verificando como estas abordagens podem promover o design de produtos e sistemas que, para além das questões de custos e desempenho, leve em conta o seu possível impacto nos sistemas sociais e ambientais ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida.

Para isto, os autores realizaram uma revisão sistemática da literatura e um estudo empírico que utilizou um jogo educacional para a seleção de materiais na indústria aeroespacial.

A pesquisa mostrou que os JE e Gamificação podem promover algumas competências como: trabalho em equipe interdisciplinar – comportamento de colaboração e de partilha do conhecimento em equipe de design multifuncional; visão de futuro - decisões de design mais conscientes das suas consequências ao longo do ciclo de vida do produto; Levar em conta os diferentes contextos – Pensamento Sistêmico; Aumentar a consciência de sustentabilidade – Pensamento crítico.

4.2 Discussão

O trabalho de Dallaqua et al. (2024) mostrou que a literatura científica sobre a utilização JE e Gamificação no ensino-aprendizagem de engenharia tem crescido de forma acelerada nos últimos anos.

Por outro lado, na revisão da literatura aplicada no presente estudo foram encontrados, após as aplicações de filtros de data e tipo de documento, um total de 59 documentos (Tabela 2) que, de alguma maneira, combinavam os temas sustentabilidade, JE ou Gamificação, engenharia e educação. Entretanto, apenas 7 destes artigos (Tabela 3) abordavam a utilização dos JE e Gamificação para a promoção das competências para a sustentabilidade no ensino-aprendizagem em engenharia. Este resultado aponta para uma possível “lacuna de pesquisa” referente a este tema específico.

O Quadro 3, que pode ser considerado o principal resultado desta pesquisa, apresenta um conjunto de artigos com metodologias teóricas e/ou empíricas apontando JE e Gamificação como abordagens educacionais promotoras de determinadas competências para a sustentabilidade em engenharia.

Pode-se notar que, na maioria dos casos de estudos empíricos, estas abordagens não são aplicadas isoladamente. Em quatro dos cinco estudos empíricos encontrados estas são combinadas entre si e/ou outras como a Realidade Virtual, a Realidade Aumentada e o Design artístico. Em apenas um estudo empírico temos um JE aplicado isoladamente, o jogo Cards against Calamity, abordado por Czok et al. (2023). Este resultado aponta para uma tendência de combinação de JE e Gamificação com outras abordagens que busquem trazer mais realidade aos jogos e promover uma maior imersão dos alunos.

Outra constatação é a de que abordagens relatadas nos estudos considerados são aplicadas em contextos diversos relacionados à sustentabilidade como as seguintes:

- De Fino et al. (2023) - Desenvolvimento de comportamentos responsivos, em ambientes urbanos, em situações de desastres lentos ou repentinos como ondas de calor e terremotos; Han, et al. (2023) - Alterações climáticas e comunidades sustentáveis;
- Makri (2022) - Busca de equilíbrio sustentável entre os objetivos e necessidades de vários grupos como uma comunidade de pescadores, turistas e empresários em uma cidade localizada à beira mar;
- Scurati et al. (2022) - Design de produtos e sistemas sustentáveis.

Este achado mostra a transversalidade das competências para a sustentabilidade e das abordagens de ensino-aprendizagem aqui encontradas em relação aos temas relacionados a sustentabilidade.

Por fim, observou-se que muitas das competências apresentadas em Quelhas et al. (2019) – cinco dentre as oito - também foram encontradas aqui nesta pesquisa, o que reforça a importância destas para a formação de “engenheiros (as) verdes”. Estas são aqui apresentadas:

1. Pensamento crítico sustentável: Voukkali et al. (2023); Han, et al. (2023); Czok et al. (2023); Scurati et al. (2022);
2. Trabalho em grupo interdisciplinar: Dallaqua, et al. (2024); Scurati et al. (2022);
3. Resolução sustentável de problemas: Voukkali et al. (2023); Dallaqua, et al. (2024); Makri (2022);

4. Visão de futuro sustentável: Scurati et al. (2022);
5. Pensamento sistêmico sustentável: Scurati et al. (2022).

Dentre as oito competências apresentadas em Quelhas et al. (2019) três não foram aqui encontradas sendo estas:

1. Atuação ética para a sustentabilidade;
2. Autoconhecimento sustentável;
3. Inovação sustentável.

Isto não significa que estas não sejam relevantes, podendo, outrossim, evidenciar necessidade de mais pesquisas relacionadas a este tema específico.

Algumas outras competências – que não estão em Quelhas et al. (2019) - foram encontradas nesta pesquisa sendo estas:

1. Desenvolvimento de comportamentos responsivos em situações de desastres lentos ou repentinos: De Fino et al. (2023);
2. Negociação construtiva: Makri (2022).

Entretanto, a competência 1 (desenvolvimento de comportamentos responsivos em situações de desastres lentos ou repentinos) pode estar relacionada à competência para “resolução sustentável de problemas”, enquanto a competência 2 (Negociação construtiva) pode estar relacionada à competência para “trabalho em grupo interdisciplinar”. Este resultado também serve para constatar a necessidade de maiores estudos com a finalidade de identificar e criar terminologias adequadas para as competências para a sustentabilidade, bem como metodologias de ensino-aprendizagem adequadas para a promoção destas em cursos de engenharia.

5. CONSIDERACIONES FINALES

A questão que orientou esta pesquisa foi se existem Jogos Educacionais (JE) e Gamificação utilizados ou indicados para a promoção de Competências para a Sustentabilidade (CpS) em cursos de Engenharia. A revisão sistemática realizada permite responder afirmativamente, embora com uma ressalva importante: a produção científica diretamente dedicada a essa interface ainda é reduzida. Dos 105 artigos e revisões identificados após a aplicação do filtro documental, apenas sete atenderam ao critério de inclusão estabelecido. Assim, mais do que indicar uma ampla consolidação dessas práticas, os resultados revelam um

campo de investigação em desenvolvimento, no qual já existem evidências e proposições relevantes, mas ainda insuficientes para caracterizar uma base científica consolidada.

O principal achado é que JE e Gamificação aparecem associados ao desenvolvimento de diferentes competências necessárias à formação para a sustentabilidade. Os estudos analisados convergem especialmente para competências relacionadas ao pensamento crítico, à resolução de problemas, ao trabalho interdisciplinar, à compreensão sistêmica e à consideração de futuros sustentáveis. Também se observou que, nos estudos empíricos analisados, essas abordagens frequentemente são articuladas a recursos como Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Design Artístico. Esse padrão sugere que o potencial dessas estratégias não está necessariamente em sua utilização isolada, mas na possibilidade de criar situações de aprendizagem nas quais os estudantes precisam analisar cenários, lidar com diferentes perspectivas e tomar decisões diante de problemas relacionados à sustentabilidade.

A contribuição deste estudo está, portanto, em organizar e tornar visível uma interface ainda pouco sistematizada na literatura: a relação entre estratégias de aprendizagem baseadas em jogos e o desenvolvimento de competências para a sustentabilidade especificamente no ensino de Engenharia. A pesquisa também contribui para aproximar diferentes discussões que frequentemente aparecem de forma separada na literatura sobre sustentabilidade, educação em engenharia e metodologias ativas. A identificação de competências adicionais, como negociação construtiva e desenvolvimento de comportamentos responsivos em situações de desastres, indica ainda que a discussão conceitual sobre quais competências devem compor a formação para a sustentabilidade permanece aberta.

Do ponto de vista educacional, os achados oferecem subsídios para que docentes de Engenharia considerem JE e Gamificação não apenas como recursos destinados à motivação ou ao envolvimento dos estudantes, mas como possíveis meios para trabalhar situações complexas relacionadas à sustentabilidade. Para a pesquisa, o resultado mais relevante é a identificação de um campo que demanda maior aprofundamento empírico, particularmente quanto à relação entre características dos jogos, estratégias pedagógicas empregadas e competências efetivamente desenvolvidas. Essa distinção é necessária para avançar de estudos que apontam potencial ou resultados promissores para evidências mais robustas sobre efetividade.

A principal limitação decorre do próprio recorte metodológico adotado. A revisão foi realizada nas bases Scopus e Web of Science, com a estratégia de busca e os critérios de

inclusão definidos para esta pesquisa, o que pode ter restringido o conjunto de estudos recuperados. Além disso, os sete trabalhos selecionados apresentam diferentes desenhos metodológicos e abordagens, o que limita comparações diretas entre seus resultados. A ausência de estudos identificados para três das oito competências adotadas como referência (atuação ética para a sustentabilidade, autoconhecimento sustentável e inovação sustentável) também não permite concluir que essas competências não possam ser desenvolvidas por JE ou Gamificação.

O avanço dessa agenda requer, inicialmente, a atualização e ampliação da revisão sistemática, incorporando novos estudos e verificando a evolução desse campo. Também se mostra pertinente desenvolver investigações empíricas que comparem diferentes formatos de JE e Gamificação e avaliem, de maneira mais sistemática, quais competências são desenvolvidas, em quais condições e por meio de quais estratégias pedagógicas. Nesse percurso, a construção de um catálogo ou portfólio de aplicações, contendo os contextos de uso, as competências trabalhadas e os requisitos necessários à implementação, constitui uma possibilidade concreta de transformar o conhecimento sistematizado nesta revisão em recurso de apoio à prática docente e em base para novas investigações.

6. REFERÊNCIAS

- ABT, C. C. **Serious games**. Lanham: University Press of America, 1987.
- BAZZO, W. A. et al. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.
- CARVALHO, Matheus Almeida de; PEDRINI, Júlio César Ferreira. Engenharia social no ambiente acadêmico: vulnerabilidade humana e estratégias de conscientização em instituições de ensino superior. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 139-154, 2025. DOI: 10.6034/rmpe.v19i1.2170.
- COSTA, P. A. **Uso de tecnologias e metodologias ativas no ensino de engenharia**. 2021. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.
- CRIZOSTI, Sky; CLETO, João Vitor; SILVA, Moizes Baptista da; DIAS, Fabricio Tadeu. Análise exploratória de tecnologias inteligentes para autonomia e acessibilidade em ambientes assistidos. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 41-56, 2025. DOI: 10.6034/rmpe.v19i1.2164.
- CZOK, V.; KRUG, M.; MÜLLER, S.; HUWER, J.; WEITZEL, H. Learning effects of augmented reality and game-based learning for science teaching in higher education in the context of education for sustainable development. **Sustainability**, v. 15, n. 21, 15313, 2023. DOI: 10.3390/su152115313.

DALLAQUA, M. F.; NUNES, B.; CARVALHO, M. M. Serious games research streams for social change: critical review and framing. **British Journal of Educational Technology**, v. 55, n. 2, p. 460-483, 2024. DOI: 10.1111/bjet.13404.

DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE, 15., 2011, Tampere. **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference**. New York: ACM, 2011. p. 9-15. DOI: 10.1145/2181037.2181040.

DE FINO, M. et al. Boosting urban community resilience to multi-hazard scenarios in open spaces: a virtual reality – serious game training prototype for heat wave protection and earthquake response. **Sustainable Cities and Society**, v. 99, 104847, 2023. DOI: 10.1016/j.scs.2023.104847.

DWEK, M.; COUTINHO, H.; MATHEUS, F. Por uma formação crítica em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 2011, Blumenau. **Anais do 39º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Blumenau, 2011.

FARIAS FILHO, J. R. **Ensaio teórico**: pesquisa bibliográfica em estratégia de operações. Niterói: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009. Apostila.

GUERRA, A. Integration of sustainability in engineering education: why is PBL an answer? **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, n. 3, p. 436-454, 2017. DOI: 10.1108/IJSHE-02-2016-0022.

HAN, B.; WEEKS, D. J.; LEITE, F. Virtual reality-facilitated engineering education: a case study on sustainable systems knowledge. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 31, p. 1174-1189, 2023. DOI: 10.1002/cae.22632.

HEDDEN, M. K.; WORTHY, R.; AKINS, E.; SLINGER-FRIEDMAN, V.; PAUL, R. C. Teaching sustainability using an active learning constructivist approach: discipline-specific case studies in higher education. **Sustainability**, v. 9, n. 8, 1320, 2017. DOI: 10.3390/su9081320.

JOANELLA, Fabio; LAIMER, Claudionor Guedes. O efeito moderador da capacidade absorviva entre o compartilhamento de conhecimento, a inovação e o desempenho da empresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 3, p. 86-102, 2023. DOI: 10.48099/1982-2537/2023v17n3p86102.

KRATH, J.; SCHÜRMANN, L.; VON KORFLESCH, H. F. 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, 106963, 2021. DOI: 10.1016/j.chb.2021.106963.

LOUREIRO, Solange Maria; PEREIRA, Vera Lúcia Duarte do Valle; PACHECO JÚNIOR, Waldemar. A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável na educação em engenharia. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 306-324, 2016. DOI: 10.5902/2236117019818.

MAKRI, Eleni G. Does the Cards against Calamity Learning Game Facilitate Attitudes toward Negotiation, Civics, and Sustainability? Empirical Findings from Greek Graduates. **Education Sciences**, v. 12, n. 11, 738, 2022. DOI: 10.3390/educsci12110738.

MARTINS, V. W. B.; RAMPASSO, I. S.; ANHOLON, R.; QUELHAS, O. L. G.; LEAL FILHO, W. Knowledge management in the context of sustainability: literature review and opportunities for future research. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 489-500, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.354.

MARQUES, L. **O decênio decisivo: propostas para uma política de sobrevivência**. São Paulo: Elefante, 2023.

MINTZ, K.; TAL, T. Sustainability in higher education courses: multiple learning outcomes. **Studies in Educational Evaluation**, v. 41, p. 113-123, 2014. DOI: 10.1016/j.stueduc.2013.11.003.

MORAN, J. M. et al. Novas tecnologias e mediação pedagógica. 19. ed. Campinas: Papirus, 2012.

NEVES, Ana Clara Moledo; GONÇALVES, Daniel Alvarez; CASTRO, Tiago Ruiz de; GARRIDO, Marcio Alexandre Dias; BARBOZA, Douglas Vieira. Arquitetura de software para eficiência energética: uma revisão bibliométrica. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 21-40, 2025. DOI: 10.6034/rmpe.v19i1.2163.

QUELHAS, O. L. G. et al. O ensino da sustentabilidade na formação do engenheiro: proposta de diretrizes. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais do CNEG**. Rio de Janeiro, 2011.

QUELHAS, O. L. G.; LIMA, G. B. A.; LUDOLF, N. V.-E.; MEIRIÑO, M. J.; ABREU, C.; ANHOLON, R.; VIEIRA NETO, J.; RODRIGUES, L. S. G. Engineering education and the development of competencies for sustainability. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 20, n. 4, p. 614-629, 2019. DOI: 10.1108/IJSHE-07-2018-0125.

ROSE, G.; RYAN, K.; DESHA, C. Implementing a holistic process for embedding sustainability: a case study in first year engineering, Monash University, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 229-238, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.066.

SANTANA, Gabriel Silva; NEVES, Ana Clara Moledo; GONÇALVES, Daniel Alvarez; ALVES, José Felipe de Mattos; PEREIRA, Sara Gonçalves; GARRIDO, Márcio Alexandre Dias. Desenvolvimento e avaliação funcional em ambiente simulado de sistema inteligente de monitoramento e controle de reservatórios de água com ESP32. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 1, p. 119-138, 2025. DOI: 10.6034/rmpe.v19i1.2169.

SCURATI, Giulia Wally; NYLANDER, Johanna Wallin; FERRISE, Francesco; BERTONI, Marco. Sustainability awareness in engineering design through serious gaming. **Design Science**, v. 8, e12, 2022. DOI: 10.1017/dsj.2022.9.

SILVA, Luan Santos Brandão da; DIAS, Fabrício Tadeu. Desenvolvimento de software com foco em sustentabilidade social e econômica: mapeamento sistemático da literatura. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 19, n. 2, p. 25-46, 2025.

STEFFEN, W. Hot House Earth: Our Future in Crisis. 2021. 1 vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wgEYfZDK1Qk>. Acesso em: 14 set. 2025.

UNESCO. **Education for sustainable development: learning objectives**. Paris: UNESCO, 2017.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals (SDGs)**. 2015. Disponível em: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>. Acesso em: 14 set. 2025.

VATAN, Roberto dos Santos. “Jogos de empresas” aplicados ao processo de ensino e aprendizagem de contabilidade. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 14, n. 31, p. 78-95, 2003. DOI: 10.1590/S1519-70772003000100006.

VLACHOPOULOS, Dimitrios; MAKRI, Agoritsa. The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 14, 22, 2017. DOI: 10.1186/s41239-017-0062-1.

VOUKKALI, I. et al. Factors affecting social attitude and behavior for the transition towards a circular economy. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 36, 101276, 2023. DOI: 10.1016/j.scp.2023.101276.

WIEK, Arnim; KAY, Braden. Learning while transforming: solution-oriented learning for urban sustainability in Phoenix, Arizona. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 16, p. 29-36, 2015. DOI: 10.1016/j.cosust.2015.07.001.

ZYDA, Michael. From visual simulation to virtual reality to games. **Computer**, v. 38, n. 9, p. 25-32, 2005. DOI: 10.1109/MC.2005.297.