


Competências e habilidades necessárias para a formação de profissionais da engenharia aptos a atuarem de forma sustentável

Skills and abilities necessary for the training of engineering professionals able to work sustainably

Competencias y habilidades necesarias para la formación de profesionales de la ingeniería capaces de trabajar de forma sostenible

Adriano Ineia 

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil
adri.ano.ineia@hotmail.com

Rogério Corrêa Turchetti 

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil
turchetti@redes.ufsm.com

Ricardo Machado Ellensohn 

Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, RS, Brasil
ricardoellensohn@unipampa.edu.br

Recebido em 04 de abril de 2023

Aprovado em 16 de agosto de 2023

Publicado em 09 de abril de 2024

RESUMO

A pesquisa em educação do desenvolvimento sustentável reconheceu o valor da temática e seus avanços, o que oferece uma oportunidade para pesquisar e repensar o quão apropriadas e bem-sucedidas as práticas educacionais podem ser. No entanto, apesar da importância, há uma escassez de estudos que examinem a integração das competências e habilidades necessárias para a formação de profissionais da engenharia aptos a atuarem de forma sustentável. Diante dessa necessidade de pesquisa percebida, a finalidade deste artigo é apresentar as principais competências e habilidades fundamentais para um exercício profissional respaldado pela responsabilidade social, ética e sustentável. Para isso, foi utilizada uma síntese de estudos qualitativos de pesquisas realizadas na área. Os resultados demonstram que as metodologias ativas são ótimas alternativas para compatibilizar as disciplinas ao contexto de sustentabilidade, sua epistemologia e visão pluricultural. Por fim, constatou-se que o acadêmico deve ser reflexivo sobre seus valores, pois deve atuar profissionalmente como um provedor de soluções sociais

sob a ótica da responsabilidade socioambiental, equitatividade, resiliência e postura sustentável.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Ensino de engenharia; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Research in sustainable development education has recognized the value of the topic and its advances, which provide an opportunity to research and rethink how appropriate and successful educational practices can be. However, despite the importance, there is a dearth of studies examining the integration of competencies and skills needed to train professionals to act sustainably. Given this perceived need for research, the purpose of this article is to present the main competencies and skills that are fundamental for a professional practice supported by social, ethical, and sustainable responsibility. To this end, a synthesis of qualitative studies of some research carried out in the area was used. The results show that active methodologies are excellent alternatives for making the disciplines compatible with the context of sustainability, its epistemology, and pluricultural vision. Finally, it was found that the student must be reflective of his values since he must act professionally as a provider of social solutions from the standpoint of socio-environmental responsibility, equitability, resilience, and sustainable attitude.

Keywords: Sustainable development; Engineering education; Sustainability.

RESUMEN

La investigación en educación para el desarrollo sostenible ha reconocido el valor del tema y sus avances, lo que ofrece una oportunidad para investigar y repensar cómo pueden ser prácticas educativas adecuadas y exitosas. Sin embargo, a pesar de su importancia, existe una escasez de estudios que examinen la integración de competencias y habilidades necesarias para la formación de profesionales de la ingeniería capaces de actuar de forma sostenible. Ante esta necesidad percibida de investigación, el propósito de este artículo es presentar las principales competencias y habilidades fundamentales para una práctica profesional sustentada en la responsabilidad social, ética y sostenible. Para ello, se utilizó una síntesis de estudios cualitativos de investigaciones realizadas en el área. Los resultados demuestran que las metodologías activas son excelentes alternativas para compatibilizar las disciplinas con el contexto de la sustentabilidad, su epistemología y visión multicultural. Finalmente, se encontró que el académico debe ser reflexivo sobre sus valores, pues debe actuar profesionalmente como proveedor de soluciones sociales desde la perspectiva de la responsabilidad socioambiental, la

equidad, la resiliencia y la postura sostenible.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; Enseñanza de la ingeniería; Sostenibilidad.

Introdução

O debate sobre a sustentabilidade inicialmente se concentrava em discutir o equilíbrio dinâmico das esferas econômica, social e ambiental, sob a perspectiva de um pensamento crítico (LEAL et al., 2018). Todavia, se percebeu que a definição de novas fronteiras da sustentabilidade são necessárias para incluir novas perspectivas de desenvolvimento sustentável. Dentro dessas novas ramificações temos a cultura, a responsabilidade social, a resiliência, o trabalho colaborativo, a ética, os valores morais, a cidadania, entre outros (RAMOS et al., 2015).

Wals (2014) indica a importância de diferenciar a competência de desenvolvimento sustentável (atrelada à prática do cidadão em contribuir ao desenvolvimento sustentável, em todos os âmbitos de sua vida) e a competência de educar para o desenvolvimento sustentável relativo à capacidade do educador contribuir no desenvolvimento de competências e habilidades de sustentabilidade em seus estudantes, por meio de práticas inovadoras nos processos de ensino e aprendizagem (LIRA e MARTINS, 2021).

Ofei e Didham (2018) definem as competências e habilidades de sustentabilidade como “capacidades necessárias, como uma variedade de diferentes conjuntos de conhecimentos e habilidades, juntamente com valores e certas questões éticas de que as pessoas precisam para poder contribuir para o desenvolvimento sustentável”. Vale complementar que esses conhecimentos não devem ser vistos de forma isolada, mas sim colaborativa e engajada pelos *stakeholders* (SCHOPP, BORNEMANN E POTTHAST, 2020; LIRA E MARTINS, 2021).

O profissional do futuro deve ser dotado de competências e habilidades compatíveis à nova realidade que já está fazendo parte do dia a dia da população global. Sendo apto a promover a resolução de problemas, o autogerenciamento, o pensamento crítico a interdisciplinaridade, entre outros (HUNTZINGER et al., 2007;

QUELHAS et al., 2019). Portanto, a formação desses estudantes deve ocorrer de forma integrada dos princípios e métodos de sustentabilidade, exigindo uma mudança na abordagem da educação e dos valores sociais (HUNTZINGER et al., 2007).

Uma profissão que desempenha papel de destaque é a engenharia, pois o aumento da população e o consumo desenfreado dos recursos naturais, evidencia que no futuro a demanda por soluções tecnológicas mais ecoeficientes são necessárias para o desenvolvimento sustentável. Esses profissionais serão os responsáveis por projetar infraestruturas e soluções que possibilitem o suporte à vida humana de forma mais limpa, pensada e comprometida com as questões de sustentabilidade.

Os futuros engenheiros vão ter que dominar conhecimentos como economia, cultura, políticas públicas, ciências ambientais, ciências sociais, entre outras, de forma profunda. Pois, sua atuação está condicionada a um cenário de profundas transformações como as mudanças climáticas, conflitos políticos, doenças (pandemia, epidemias), conflitos de interesses entre nações, efeitos reativos dos impactos ambientais e muitos outros.

As muitas áreas do conhecimento e profissões estão ficando obsoletas rapidamente diante dos novos cenários impostos pela ação humana. Isso está atrelado à complexidade dos debates sobre desenvolvimento sustentável, e o aumento acelerado de novas demandas sociais, econômicas, culturais e ambientais, torna relevante abordar as potenciais competências e habilidades fundamentais para a formação de futuros engenheiros que vão atuar de forma sustentável (MILANA; RASMUSSEN; HOLFORD, 2016). Diante deste contexto, a questão de pesquisa que orienta esse estudo é: Quais as competências e habilidades necessárias para a atuação profissional de um engenheiro de forma sustentável e comprometida com o desenvolvimento sustentável?

Construindo o conceito de competências e habilidades

McClelland (1973) define competência como uma característica subjacente a uma pessoa que é casualmente relacionada com desempenho superior na realização de uma tarefa ou em determinada situação. Diferenciando a competência de aptidão que consiste em um talento natural da pessoa, que pode ser aprimorado.

O crescente interesse pela construção de “competências” e “habilidades” nos círculos de educação para a sustentabilidade se fundamenta, na mazela do ensino atual que consiste em decorar conhecimentos e a falta de oferta por aprendizagens significativas que ajudem a fomentar “agentes de mudança” (MOCHIZUKI e FADEEVA, 2010).

As competências são escritas na conotação de verbos, ou seja, tendo a finalidade de ação. Nos “quatro pilares da educação para o século XXI” do Relatório da UNESCO Learning (DELORS, 1998), são expressas as competências de aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a viver juntos. Desde 1980 essas competências são impulsionada pelas necessidades globais de reestruturação do sistema educacional, visando atender às novas demandas da economia global, sem perder a competitividade do mercado mundial (SMITH, 2005; MOCHIZUKI E FADEEVA, 2010). Segundo o Relatório Delors (1998) as competências podem ser divididas em quatro, sendo elas as de domínio, metodológicas, pessoais e as sociais.

Zarifian (1999) afirma que competência é a inteligência prática para situações que requerem os conhecimentos e os convertem em solução para demandas de difícil resolução. Segundo Le Boterf (1995) a competência é a somatória da pessoa (seu histórico de vida e a socialização), sua formação educacional e sua experiência. Competência é um saber agir responsável e que é reconhecido pelos outros. Implica saber como mobilizar, integrar e compartilhar os conhecimentos, recursos e habilidades, num contexto profissional determinado (LE BOTERF, 1995; FLEURY e FLEURY, 2000).

Uma abordagem da competência por meio do questionado “o que deve ser aprendido, quais habilidades para agir, quais conceitos devem ser assimilados e

qual estratégia será adotada para resolver o problema ao fim do processo de aprendizagem” (MOCHIZUKI e FADEEVA, 2010).

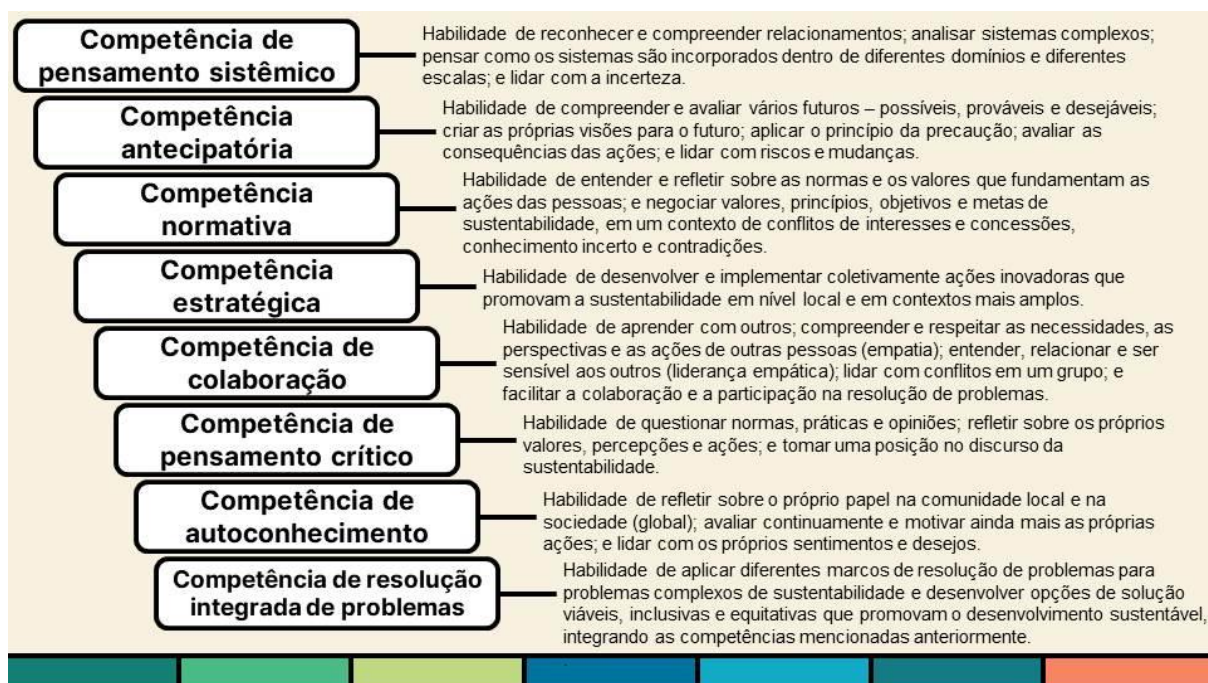
Nos últimos anos, o conceito de competência é cada vez mais implementado nas discussões da promoção da Educação do Desenvolvimento Sustentável (EDS). Porém, existem críticas bem fundamentadas referente às abordagens das competências, pois o ato de especificá-la pode limitar os indivíduos na perspectiva da capacidade (ELLIOT, 2007). Já Lotz-Sisitka e Raven (2009), indicam que o problema limitador é a interpretação superficial ou inadequada das competências. Entretanto, já é reconhecido pela comunidade acadêmica que aprendizagens colaborativas fomentam a construção de competências, e essas se apresentam como uma alternativa assertiva no ensino de sustentabilidade. Vale endossar, que esse artigo não tem por finalidade aprofundar-se nesses questionamentos de conceituação da competência, mas sim demonstrar as suas potencialidades no ensino de sustentabilidade na engenharia.

Competências e habilidades voltadas ao ensino de sustentabilidade

A formação de profissionais da engenharia ainda está em busca de conceitos abrangentes que relacionam e integram as competências de sustentabilidade de forma significativa.

A educação do desenvolvimento sustentável (EDS), tem por premissa a capacitação dos futuros profissionais em refletir sobre suas ações, considerando seus impactos sociais, culturais, econômicos e ambientais, tanto na esfera regional quanto global. Nos últimos anos surgiu o termo de competências de sustentabilidade que consiste em uma combinação de habilidades cognitivas, habilidades práticas, princípios éticos e ações que mobilizem e impactem de forma limpa, mais sustentável e muitas vezes até regenerativa. As seguintes competências-chave são fundamentais para que o avanço do desenvolvimento sustentável seja efetivo (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011; RIECKMANN, 2012). UNESCO (2017), elenca oito competências voltadas à sustentabilidade triviais na formação dos futuros profissionais.

Figura 1 - Competências-chaves fundamentais ao desenvolvimento sustentável



Fonte: Adaptado pelos autores: UNESCO (2017).

Estudos de casos: competências e habilidades voltadas ao ensino de sustentabilidade

Visando avaliar em que nível se encontram as questões relacionadas à construção e desenvolvimento de competências e habilidades voltadas ao ensino de sustentabilidade, foi realizado um estudo de revisão bibliográfica, envolvendo um levantamento de artigos, livros e documentos de diferentes universidades, que fornecem uma visão geral das principais abordagens adotadas.

A Tabela 1, resume os respectivos estudos de casos e suas contribuições na área de ensino de sustentabilidade. Deve-se afirmar que o papel das competências e habilidades e suas construções são difíceis de avaliar. Nesse sentido, o ensino de sustentabilidade dos futuros profissionais refere-se ao processo de questionar, redefinir os próprios quadros de referência, experiências e a premissa de gerar novos significados e novas visões de futuros mais sustentáveis. Além de compilar as contribuições, inovações e avanços na construção dessas competências e habilidades, colaborando de forma assertiva na integração holística dos princípios do

desenvolvimento sustentável na formação desses profissionais, levando a uma maior consciência do papel desempenhado pelos docentes e estudantes. A Tabela 1 traz uma visão geral dos estudos e as competências e habilidades intrínsecas.

Tabela 1 - Compilação das competências presentes no ensino de sustentabilidade

Autor/Ano	DOI	Estratégia metodológica	Estratégia de pesquisa	Competências e habilidades investigadas							
				Competência de pensamento sistêmico	Competência antecipatória	Competência normativa	Competência estratégica	Competência de colaboração	Competência de pensamento crítico	Competência de autoconhecimento	Competência de resolução integrada de problemas
Wiek, A. et al. (2011)	https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6	A revisão da literatura é baseada em dados de artigos de periódicos revisados por pares.	A pesquisa bibliográfica foi realizada no Google Scholar (para artigos e livros acadêmicos) e Google para a literatura cinzenta e documentos universitários.	x	x	x	x				x
Laurie, R. et al.(2016)	https://doi.org/10.1177/0973408216661442	Os países produziram um relatório com base em entrevistas realizadas em seus países, e esta pesquisa sintetiza os resultados dos 18 relatórios	Questionários foram usadas para solicitar a opinião de líderes educacionais e profissionais sobre o resultado e a implementação da EDS em todos os países.	x				x			x
Valdés, H., Correa, C., Mellado. (2018)	https://doi.org/10.3390/su10093093	Método Desenvolvimento de um Currículo (DACUM)	Foi empregado o modelo de construção sustentável com base na execução do método Desenvolvimento de um Currículo (DACUM)	x				x			x
Quelhas, O. L. G., et al., (2019)	https://doi.org/10.1108/IJ-SHE-07-2018-0125	Revisão da literatura e análise dos dados	Síntese da bibliografia referente as competências no ensino de sustentabilidade	x	x	x	x	x	x	x	x
Pujol, F. A. e Tomás, D. (2020)	https://doi.org/10.3390/su10093093	Metodologias ativas com ênfase em ABP - Aprendizagem Baseada em Problemas	Questionários e entrevistas	x	x		x		x	x	x

Fonte: Dos autores (2022).

Estudo de caso 1 - Wiek, Withycombe, Redman (2011)

Wiek, Withycombe, Redman (2011) propõem um estudo que integra a pesquisa da temática sustentabilidade a uma estrutura de solução de problemas, a proposta está concebida em módulos, sendo o primeiro a análise de problemas atuais, no dois a criação e elaboração de visões de sustentabilidade, exploração de cenários mais sustentáveis e o desenvolvimentos e testagens de estratégias que proporcionem a transição da conjuntura atual para uma mais sustentável (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011). Nesse estudo, as competências que foram integradas à proposta são a competência de pensamento sistêmico, competência

antecipatória, competência normativa, competência estratégica e competência interpessoal.

A pesquisa bibliográfica foi realizada no Google Scholar, baseada numa análise de dados orientada pelo raciocínio conceitual e baseada em uma troca colaborativa com colegas de todo o mundo que são engajados em programas de sustentabilidade (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Dentro do protocolo delineado por Wiek, Withycombe, Redman (2011), são listadas as competências, sua definição e justificativa. No segundo momento, se compilou os dados e se fez uma exclusão de elementos que não atendem a definição de competência (por exemplo, "divertir-se"), além de competências que aparecem apenas uma vez e sem convergência.

Em seguida, as competências foram compiladas pelas semelhanças conceituais e orientadas por uma estrutura integrativa de competências-chave para pesquisa de sustentabilidade. Por fim, os dados foram sintetizados e categorizados em parágrafos, dotados da definição, justificativa e exemplos. Durante a análise, visando garantir a confiabilidade, cada etapa foi conduzida por dois avaliadores (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Estudo de caso 2 - Laurie et al., (2016)

Este estudo consiste em uma síntese de estudos realizados em 18 países, que teve por finalidade identificar as contribuições da educação para o desenvolvimento sustentável (EDS). A estratégia metodológica partiu da aplicação de uma entrevista de 5 perguntas com líderes e profissionais da educação sobre o resultado obtido com a implementação da EDS. As perguntas são de caráter amplo e abertas para extrair a devida amplitude da EDS. Ao final, os dados compilados de cada nação formaram um relatório único, que correlaciona todas essas informações (LAURIE et al., 2016). Neste estudo, os países selecionados são os que apresentaram maior pontuação no programa PISA (*Programme for International Student Assessment*). O motivo dessa tomada de decisão, se deu devido à frequência que os países de baixa pontuação se inspiram e seguem os métodos adotados por esses países que se

tornam referência (LAURIE et al., 2016).

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), é um estudo comparativo internacional, que é realizado a cada três anos. Tem por finalidade compreender o desempenho de estudantes com idade média de 15 anos (idade referência do término da escolaridade básica na maioria dos países). O intuito do estudo é ter o diagnóstico dos backgrounds e as atitudes referente à aprendizagem e os principais fatores que lapidam a aprendizagem formal e informal. O produto resultante do PISA, permite que cada país avalie seus conhecimentos e habilidades de seus estudantes, em comparação com outras nações.

A análise consistiu em verificar as semelhanças e diferenças entre as 18 nações e a potencialidade da integração da EDS aos currículos nas escolas primárias e secundárias. Esse estudo, ocorreu na educação básica, entretanto, apresenta uma perspectiva mundial, por isso, foi levado em consideração nesse estudo visando compreender com quais competências os estudantes chegam ao ensino superior, inclusive os da área da engenharia (LAURIE et al., 2016).

Estudo de caso 3 - Valdés, Correa, Mellado (2018)

A metodologia proposta para estabelecer as competências é composta por três fases, sendo elas a teórica, metodológica e de validação. O lócus motivo de estudo são estudantes do curso de engenharia civil de uma universidade chilena. O estudo foi estruturado em três etapas. A etapa I foi baseada em uma revisão sistemática da literatura, para estabelecer os conceitos de competências. As bases de dados utilizadas foram Google Scholar, Scopus e Web of Science dentro da janela amostral de 2012-2017.

Na etapa II foi construído o modelo de construção sustentável com base no método Desenvolvendo um Currículo (DACUM). A aplicação desse método demandou o envolvimento de 15 trabalhadores especialistas da área da construção (sendo provenientes da academia, setores privado e público). DACUM é a metodologia de descrição de ocupações ou profissões que segue os princípios da

Educação Baseada em Competências. Vale ressaltar que essa etapa seguiu as etapas estabelecidas *Center of Education and Training for Employment College of Education the Ohio State University*, Estados Unidos (NORTON, 1997).

Posteriormente à execução do DACUM, as competências e habilidades foram descritas por Tobón (2005 e 2006), das quais as competências estão associadas a sua base na análise funcional da profissão. Na sequência, foi elaborado um modelo conceitual de competências de construção sustentável na área da engenharia civil.

Já na etapa III, foi realizada uma pesquisa com profissionais certificados em construção sustentável, visando consolidar os resultados obtidos pela metodologia DACUM e do modelo de competências de conceitual de construção sustentável.

Estudo de caso 4 - Quelhas et al., (2019)

A pesquisa está ramificada em duas vertentes, sendo elas teórica e empírica. Na estratégia teórica se adotou o método *webibliomining*, já no estudo empírico foram aplicados questionários estruturados a 30 especialistas da área, tendo por finalidade validar as competências encontradas na literatura e conferir robustez ao estudo (QUELHAS et al., 2019).

O modelo *webibliomining* proposto por Costa (2010) é a base utilizada no estudo. Essa abordagem consiste na mineração de dados de fontes bibliográficas encontradas na Internet. As etapas do estudo foram: (I) definição da amostra de pesquisa; (II) pesquisa na amostra com palavras-chaves; (III) refinamento da pesquisa e (IV) seleção de artigos para compor a base de dados. *Scopus* e *Web of Science* foram utilizados como base para a pesquisa e 22 trabalhos foram selecionados para o referencial teórico.

Visando validar os dados obtidos, Quelhas et al (2019) desenvolveram um questionário que foi aplicado a especialistas de sustentabilidade, sendo eles professores e/ou pesquisadores. Esse instrumento de pesquisa foi aplicado em maio de 2018, posteriormente, os dados foram compilados e mensurados por meio da escala de Likert, da qual eram atribuídas notas de 1 (baixa importância) a 5 (altamente importante).

Estudo de caso 5 - Pujol e Tomás (2020)

Este estudo descreve uma atividade em grupo referente às mudanças climáticas, tendo por finalidade introduzir conceitos da sustentabilidade dentro de um curso de engenharia robótica. O objetivo se deu por meio da reflexão por parte dos futuros engenheiros, já que tinham que analisar os impactos da sua atuação profissional. A tarefa era desenvolver um robô que fosse amigo do meio ambiente e que integrasse, de forma assertiva, as três dimensões da sustentabilidade, ou seja, os aspectos social, econômico e ambiental.

Os estudantes foram entrevistados para compreender suas particularidades como: compromisso, atitudes, práticas do dia a dia e motivação para uma atuação mais sustentável. Além, dessa análise, foram realizadas mais três estudos específicos, tendo por alvo comparar as respostas de diferentes grupos populacionais: (I) Alunos que concluíram o trabalho proposto e alunos que não o fizeram, (II) alunos do sexo feminino e masculino, e (III) papéis desempenhados na tarefa. Essa prática se enquadra no grupo de abordagens *bottom-up* para Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), onde a ação em questões de sustentabilidade é tomada a partir do “*bottom*” institucional, ou seja, dos alunos.

Resultados e discussões

O campo acadêmico que se dedica a estudar os desafios da sustentabilidade no mundo atual ainda é relativamente recente, aproximadamente uma década (KATES et al., 2001; WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011). Durante esse período, muitos estudos foram desenvolvidos, uma fração dessas pesquisas debateram as competências voltadas à sustentabilidade. O presente artigo, tem como plano de fundo identificar as principais contribuições acerca do assunto e as principais lacunas a serem respondidas em estudos futuros.

O crescente interesse pelas competências-chaves da sustentabilidade tem fomentado estudos na área, pois essas capacidades têm a potencialidade de

delinear o design de programas e cursos de sustentabilidade, além de possibilitar a implementação de avaliações de ensino e aprendizagem, formação, treinamento de docente e colaboradores mais comprometidos com a sustentabilidade. Os estudos analisados revelaram oportunidades de melhorias, bem como elencaram inúmeros avanços na área das competências e habilidades.

Wiek, Withycombe, Redman (2011) fizeram uma caracterização detalhada das competências e habilidades voltadas ao ensino de sustentabilidade. Portanto, essas competências foram definidas, justificadas, conceituadas representativamente e revisadas por pares. O objetivo deste estudo foi verificar a relação da resolução de problemas e a sua interação com as competências de pensamento sistêmico, antecipatórias, normativas, estratégicas e interpessoais.

Segundo Laurie et al (2016) a EDS contribui de forma assertiva no desenvolvimento de competências, habilidades e valores na resolução de problemas que não vem ao encontro do desenvolvimento sustentável. Os estudantes conseguem se adaptar e propor soluções a problemas complexos além de desenvolver resiliência e engajamento pela causa.

Valdés et al. (2018), traz um estudo de caso aplicado em um curso de engenharia na área de construção sustentável. Dentro do método DACUM conseguiu-se articular de forma correlata às competências globais da construção sustentável com as competências-chaves da sustentabilidade (Avaliação Sustentável, Certificação de Construção Sustentável e Gestão de Instalações Sustentáveis) que são desenvolvidas durante o desenvolvimento do ciclo de vida de um projeto de construção sustentável.

Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) é a metodologia mais utilizada na integração da sustentabilidade dentro dos currículos de engenharia e no desenvolvimento de competências e habilidades voltadas à temática. Uma possível justificativa para essa predisposição é que a metodologia pode ser implementada na construção de grupos, que estudam o caso apresentado, discutem amplamente o assunto, identificam as inconsistências, definem objetivos de aprendizagem e estruturam o roteiro para o desenvolvimento de uma solução assertiva e sustentável (QUELHAS et al., 2019).

Mintz e Tal (2013) enfatizam que uma aprendizagem transformativa contempla os domínios do conhecimentos, afetos e habilidades. Dentro da psicologia tem a área que se dedica a estudar a psicologia ambiental, da qual se dedica em investigar os fatores que moldam o comportamento pró-ambiental (desde coletiva seletiva a consumismo), profissionais dessa área afirmam que a EDS tem o potencial de mudar o comportamento do sujeito e promover um lifestyle mais sustentável (QUELHAS et al., 2019).

Pensamento sistêmico

Dentre as competências mais citadas entre as nações temos o pensamento sistêmico presente nos relatórios da Finlândia, Japão, Mongólia, Suécia e Estados Unidos (LAURIE et al., 2016). Essa competência é citada em todos os relatórios dessas nações referências no assunto, além de ser investigada em todos os artigos selecionados para esse estudo.

Na definição de Wiek, Withycombe, Redman (2011), o pensamento sistêmico consiste-se na capacidade de analisar coletivamente sistemas complexos em diferentes meios (social, econômico e ambiental) e em diferente escalas (local e global), tudo isso, levando em consideração seus efeitos, inércia, ciclos de feedbacks e entre outras características. No geral, o pensamento sistêmico aborda questões chaves como sustentabilidade, integridade de sistemas, civilidade e governança.

O pensamento sistêmico desempenha um papel chave na construção de estratégias que fomentem a transição para o desenvolvimento sustentável. Pois, permite que os futuros profissionais consigam compreender as complexas dinâmicas dos sistemas socioecológicos, além de identificar pontos que necessitam de intervenção, antecipação de perspectivas futuras e processos de transições que venham ao encontro da sustentabilidade (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Laurie et al. (2016), indicam que 14 países (Austrália, Bélgica, Canadá, China, Inglaterra, Estônia, Finlândia, Alemanha, Japão, Mongólia, Peru, Escócia, Suécia e Holanda) constataram que os estudantes de escolas que implementaram a EDS

desenvolveram significativamente o pensamento crítico e demonstraram compreensão aprofundada dos tópicos sobre sustentabilidade, além de desempenhar de forma mais consistente as funções de pesquisas.

Pujol e Tomás (2020), em seu estudo na engenharia de robótica, estimularam a competência do pensamento sistêmico, por meio do reconhecimento e entendimento dos diferentes componentes de um sistema robótico. Os estudantes tinham que analisar e selecionar quais sensores eram ideais, quais motores apresentavam vantagens e desvantagens, assim como outros componentes que fariam parte do sistema autônomo.

O pensamento sistêmico exige uma profunda compreensão dos sistemas e a dimensão da complexidade, buscando a contínua integridade dos sistemas envolvidos em seus principais domínios, escalas e particularidades. Visando compreender os efeitos e as dinâmicas que podem se tornar prejudiciais e a transformação de ações individuais e regimes de governança (GIBSON, 2006; CLAYTON e RADCLIFFE, 1996; KATES et al., 2001; WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Competência antecipatória

A competência antecipatória consiste na capacidade de avaliar e compreender futuros cenários relacionados à questão da sustentabilidade. Essas perspectivas de cenário incluem tanto informações qualitativas quanto quantitativas. Essa capacidade avalia e elabora soluções, baseando-se em conhecimentos já adquiridos, possibilitando simular análise de futuros cenários. Essa competência está intrinsecamente ligada às questões de sustentabilidade, consequências prejudiciais não intencionais e equidade intergerencial (gerações futuras) (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Na visão dos especialistas da área da sustentabilidade as competências normativas e antecipatórias são as com menor relevância, mas não menos importante (QUELHAS et al., 2019). Já Pujol e Tomás (2020) propuseram que os estudantes de engenharia robótica desenvolvessem um robô que contribuísse na

mitigação dos efeitos colaterais provenientes das mudanças climáticas. Sendo essa a oportunidade dos alunos desenvolverem a competência antecipatória por meio do projeto de um robô, e um sistema que atendesse as futuras visões de futuros oriundas das próprias percepções de futuro dos estudantes.

Competência normativa

A competência normativa tem a finalidade de mapear, aplicar, reconciliar e articular valores, princípios, objetivos e metas de sustentabilidade em prol do bem comum. Essa capacidade permite a sustentabilidade ou insustentabilidade dos estados e/ou futuros sistemas socioecológicos e posteriormente criar e elaborar visões de sustentabilidade para esses sistemas. Outra particularidade dessa competência é o uso de conhecimentos já adquiridos como balizadores de práticas que devem ser implementadas, transformadas ou descartadas, visando sustentar a viabilidade dos sistemas em favor ao suporte da vida. Em linhas gerais, essa competência está ligada a questões de sustentabilidade como integridade dos sistemas socioecológicos, equidade intra e intergeracional (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

A sustentabilidade está intrinsecamente ligada a valores e competência normativa, uma vez que abrange a questão dos sistemas socioecológicos para compatibilizar as atividades socioeconômicas e as capacidades ambientais (SWART; RASKIN; ROBINSON, 2004; WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Competência estratégica

A competência estratégica consiste na capacidade de projetar e implementar intervenções que direcionam ao bem comum, desde estratégia de governança transformadora a pequenas iniciativas. Essa capacidade exige profundidade no entendimento de inércia sistêmica, barreiras, viabilidade, eficácia, eficiência das intervenções, potencial positivo e limitações das intervenções (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

A priori, essa competência tem a premissa de ser capaz de “fazer as coisas”.

Isso exige entendimento de questões políticas, gerenciamento de conflitos, cenários desafiadores, entre assuntos complexos. Essa capacidade é implementada através da adaptação de políticas, planos e ações nos mais diversos contextos sociais, visando facilitar o desenvolvimento sustentável e identificando as inconsistências que devem ser melhoradas (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Segundo Quelhas et al. (2019) a competência estratégica, na visão dos especialistas, é fundamental para a promoção da sustentabilidade. Isso se dá devido a capacidade de colocar em prática ações inovadoras em contextos complexos. Já Pujol e Tomás (2020) estimulam essa competência na exploração da sua plataforma robótica que deve ser aceita pelos setores público e privado e a comunidade em geral.

Competência de colaboração

A competência de colaboração consiste em fomentar estudos, pesquisas e ações de caráter colaborativo. Essa capacidade está associada a uma comunicação assertiva nos âmbitos da pluralidade e transcultural (KELLY, 2006; WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011). Essa competência integra a todos e fomenta a diversidade cultural, a representatividade de grupos sociais e comunidades, todos sendo incluídos na solução de problemas (WIEK; WITHYCOMBE; REDMAN, 2011).

Valdés, Correa, Mellado (2018) indicam que a competência colaborativa desponta como fundamental no desenvolvimento de projetos sustentáveis. Eles também endossam que a criatividade, ética e inovação estão intrinsecamente ligados à satisfação de todos os stakeholders, essa associação de características permitem o desenvolvimento e implementação de soluções mais sustentáveis, equitativas e resilientes.

O gerenciamento de um ambiente construído sustentável e a gestão de um projeto de infraestrutura exige gerentes especialistas em desenvolvimento sustentável. Para que isso aconteça, é necessário que o envolvimento e atuação seja de parceria entre os pares, um caminho assertivo para isso é uma comunicação clara e comprometida (VALDÉS, CORREA, MELLADO, 2018). Pujol e Tomás

(2020) estimulam essa colaboração de forma pré definida, como todos têm direito de expressar suas opiniões, todas as decisões devem ser respeitadas e todos os conflitos devem ser superados.

A aprendizagem de sustentabilidade orientada à solução se utiliza de experiências reais para construir competências para a sustentabilidade. Uma característica marcante nessa metodologia é o trabalho colaborativo que interage com os stakeholders e se desenvolve através da interdisciplinaridade (WIEK e KAY, 2015). Essa constatação deve ser sustentada por evidências que respondam aos questionamentos complexos da sociedade. Para se chegar a isso, a competência estratégica deve corroborar as ações que devem ter uma finalidade e promover a evolução da aprendizagem em perspectivas da sustentabilidade (QUELHAS et al., 2019).

Pensamento crítico

Valdés, Correa, Mellado (2018) propõe uma formação dentro da área da engenharia respaldada pela sustentabilidade que deve compatibilizar as dimensões econômica, social e ambiental nos projetos. Isso se dá através de uma postura articulada e integrada, visando estimular o pensamento crítico das três dimensões (ambientais, econômicas e sociais).

Pujol e Tomás (2020) fomentaram o pensamento crítico desde as primeiras etapas da proposta de projeto. Pois, o desafio da atividade foi de desenvolver a solução de um problema complexo referente às mudanças climáticas. Os estudantes tiveram que propor uma solução de viabilidade técnica, ou seja, todas as dimensões deveriam ser atendidas, como a econômica e o processo de implementação, portanto, o pensamento crítico se fez presente em todas as etapas.

Autoconhecimento

Quelhas et al. (2019), com base em seus resultados, indicam que na opinião dos especialistas da área o autoconhecimento é fundamental para a formação de um profissional da engenharia mais sustentável. Essa habilidade de refletir o seu papel dentro da sociedade é avaliar de forma contínua as suas ações, sentimentos e

desejos.

Para Pujol e Tomás (2020) a competência de autoconsciência é fundamental para o ensino de sustentabilidade. Essa capacidade demonstra que os estudantes conseguem refletir e enxergar o seu papel dentro da equipe, compreendem a forma como auto gerenciam suas opiniões, crenças e sentimentos sobre a sua solução. Isso possibilita o amadurecimento dessas intervenções, pois o estudante constata suas limitações e seus pontos positivos mais relevantes.

Resolução de problemas

A resolução de problemas é citada nos estudos de países como Austrália, China, Inglaterra, Estônia, Finlândia, Coreia, Bélgica, Alemanha, Japão, Letônia, Peru, Escócia, Estados Unidos e Suécia. A EDS ajuda a fomentar essas competências além de contribuir e reconhecer as correlações e interconexões. Outra potencialidade é a de incorporar na solução dos problemas uma abordagem mais integrada e com perspectivas de desenvolvimento sustentável (LAURIE et al., 2016).

Na Coreia os estudantes que seguiram os currículos voltados à sustentabilidade, ficaram mais atentos às questões globais e demonstraram um agir mais cidadão, mais responsável e ligado a questões tanto local quanto global. Essa preocupação com o bem comum também foi observado na Inglaterra, Alemanha, Letônia, Peru, Escócia e Suécia (LAURIE et al., 2016). Segundo Pujol e Tomás (2020) a competência de resolução de problemas foi estimulada através do uso de diversas estratégias para combater e mitigar as mudanças climáticas.

Conclusão

Em linhas gerais, as competências voltadas à sustentabilidade demonstram que faltam evidências empíricas, profundidade e rigor sobre elas. Portanto, esse estudo teve como finalidade contribuir na compilação dessas evidências, além de demonstrar que o emprego dessas competências tem a potencialidade de atuar sobre problemas reais e oportunizar soluções assertivas.

Dentre as competências investigadas, as que estão presentes em todos os estudos são o pensamento sistêmico e resolução de problemas e, entre as menos exploradas, temos a competência normativa, o pensamento crítico e o autoconhecimento. O plano de fundo deste artigo é fomentar novas iniciativas nesta área da sustentabilidade, que tem grandes questões para serem respondidas. Esse processo educacional é vivo e cíclico, ou seja, de melhoria contínua e qualitativa, pois toda as competências-chaves da sustentabilidade têm a capacidade de contribuir na resolução de problemas em todas as dimensões (sociais, econômicas, ambientais e culturais), além de conferir aos profissionais de engenharia um perfil mais humanista, comprometido com a sustentabilidade e bem comum de todos, parte da riqueza do capital humano.

Nenhum dos estudos mencionou aspectos negativos ao se implementar a ESD, e as metodologias ativas são as melhores intervenções pedagógicas para a construção das competências-chaves da sustentabilidade. Dentro das áreas das engenharias, os estudos demonstram que as metodologias ativas compatibilizam o desenvolvimento das competências de forma mais assertiva, além de promover uma atuação dotada de responsabilidade social, valores éticos e compromisso com a sustentabilidade.

Por fim, constatou-se que o desenvolvimento das competências voltadas à sustentabilidade confere aos acadêmicos um senso reflexivo de seus valores. Esse processo de se questionar tem a potencialidade de tornar os futuros engenheiros provedores de soluções sociais sob a ótica da responsabilidade socioambiental, equitatividade, resiliência e postura sustentável. Em contrapartida, devemos reconhecer que dentro de sua subjetividade, determinar o caminho correto a se seguir, com a finalidade de contemplar determinada competência, é um desafio a ser explorado na literatura.

Referências

CLAYTON, Anthony M. H. **Sustainability**: A systems approach. London: Earthscan, 1996. 258 p. ISBN 1853833142.

COSTA, Helder Gomes. **Model for webibliomining: proposal and application case**. FAE Magazine , v. 13, n. 1, p. 115-126, 2016.

DELORS, Jacques. **Learning**: The treasure within. Unesco, 1998.

ELLIOT, John. "From 'human capital' theory to 'capability theory' as a driver of curriculum reform: a reflection on the educational implications of the work of Amartya Sen in the light of John Dewey's account of educational values", in Somekh, B. and Schwandt, T. (Eds), Knowledge Production: **Research Work in Interesting Times**, Routledge, London, p. 142-65, 2007.

FLEURY, Afonso Carlos Corrêa; FLEURY, Maria Tereza Leme. **Estratégias empresariais e formação de competências**. São Paulo: Atlas, 2000.

GIBSON, Robert. **Sustainability assessment**: basic components of a practical approach. Impact Assess Project Apprais 24:170–182, 2006.

HUNTZINGER, Deborah. N.; HUTCHINS, Margot J.; GIERKE, John S., & Sutherland, John W. Enabling sustainable thinking in undergraduate engineering education. **International Journal of Engineering Education**, 23(2), 218, 2007.

KATES, Robert. W., CLARK, William. C., CORELL, Robert, HALL; J. Michael.; JAEGER, Carlo, C., LOWE, Ian, MCCARTHY, James. J., SCHELLNHUBER, Hans. Joachim, BOLIM, Bert, DICKSON, Nancy. M., FAUCHEUX, Sylvie, GALLOPIN, Gilberto, C., GRUBLER, Arnulf, HUNTLEY, Brian, JAGER, Jill, JODHA, Narpart, S.; KASPERSON, Roger. E., MABOGUNJE, Akin, MATSON, Pamela, MOONEY, Harold, MOORE, Berrien, O'RIODAN, Timothy, SVEDIN, Uno. Sustainability science. **Science** 292(5517): p. 641–642, 2001.

KELLY, Patricia. Letter from the oasis: helping engineering students to become sustainability professionals. **Futures** 38:696–707, 2006.

LAURIE, Robert, NONOYAMA-TARUMI, Yuko, MCKEOWN, Rosalyn, HOPKINS, Charles. (2016). Contributions of Education for Sustainable Development (ESD) to Quality Education: A Synthesis of Research. **Journal of Education for Sustainable Development**, 10(2), 226–242. DOI: <https://doi.org/10.1177/0973408216661442>.

LEAL FILHO, W.. RAATH, S..LAZZARINI, B., VARGAS, V. R.; DE SOUZA, L., ANHOLON, R., QUELHAS, O. L. G, HADDAD, R., KLAVINS, M., ORLOVIC, V. L. The role of transformation in learning and education for sustainability. **Journal of**

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644475213>

Cleaner Production, 199. p. 286-295, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.017>.

LE BOTERF, Guy. De la compétence - essai sur un attracteur étrange. In: **Les éditions d'organisations**. Paris: Quatrième Tirage, 1995.

LIRA, Jandmara de Oliveira, MARTINS, Maria de Fátima. Sustainability competencies within the universities: systematic literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e444101321430, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.21430. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21430>. Acesso em: 14 sep. 2022.

LOTZ-SISITKA, Heila, RAVEN, Glenda. "South Africa: applied competence as the guiding framework for environmental and sustainability education", in Fien, J., Maclean, R. and Park, M.G. (Eds), *Work, Learning and Sustainable Development: Opportunities and Challenges*, UNEVOC Technical and Vocational Education & Training Series, Vol. 8, **Springer**, Heidelberg, p. 308-18, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8194-1_22

MILANA, Marcella, RASMUSSEN, Palle, HOLFORD, John. Societal sustainability: The contribution of adult education to sustainable societies. **Interview Review Education**. 62, 517–522, 2016. DOI:10.1007/s11159-016- 9595.

MCCLELLAND, David C. Testing for competence rather than for "intelligence". **American psychologist**, 1973, 28(1), 1.

MINTZ, Keren; TAL, Tali. "Sustainability in higher education courses: Multiple learning outcomes", **Journal of Cleaner Production**, Vol. 41, pp. 113-123, 2013.

MOCHIZUKI, Yoko, FADEEVA, Zinaida. Competences for sustainable development and sustainability: Significance and challenges for ESD. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 11(4), 391-403, 2010.

NORTON, Robert. **DACUM Handbook**, 2nd ed.; The Ohio State University: Columbus, OH, USA, 1997.

OFEI-MANU, Paul, DIDHAM, Robert, J. Identifying the factors for sustainability learning performance. **Journal of Cleaner Production**, v.198, p.1173-1184, 2018.

QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves, LIMA, Gilson Brito Alves; LUDOLF, Nicholas Van-Erven, MEIRIÑO, Marcelo Jasmim, ABREU, Chrystiane, ANHOLON, Rosley, NETO, Julio Vieira, RODRIGUES, Leandro Silva Goulart. Engineering education and the development of competencies for sustainability, **International Journal of Sustainability in Higher Education**, Vol. 20 No. 4, p. 614-629, 2019.

PUJOL, Francisco. A., TOMÁS, David. Introducing Sustainability in a Robotic

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644475213>

Engineering Degree: A Case Study. **Sustainability**, 12(14), 5574. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12145574>.

RAMOS, Tomás. B., CAEIRO, Sandra, VAN HOOFF, Bart, LOZANO, Rodrigo, HUISINGH, Donald, CEULEMANS, Kim. Experiences from the implementation of sustainable development in higher education institutions: Environmental Management for Sustainable Universities. **Journal Cleaner. Production**, 2015. doi:106, 3– 10. doi:10.1016/j.jclepro.2015.05.11

Rieckmann, Marco. Future-oriented higher education: which key competencies should be fostered through university teaching and learning? **Futures**, v. 44, n. 2, p. 127-135, 2012.

SCHOPP, Kerstin, BORNEMANN, Matthias. POTTHAST, Thomas. The whole-institution approach at the University of Tübingen: Sustainable development set in practice - **Sustainability**, 2020, 12(3).

SMITH, Mark. K. Competence and Competencies, **The Encyclopaedia of Informal Education**. 2005. Disponível em: www.infed.org/biblio/b-comp.htm. Acesso em: 20 set. 2022.

SWART, R.J., RASKIN, P, ROBINSON, J. The problem of the future: sustainability science and scenario analysis. **Global Environmental Change**. 14(2):137–146, 2004.

TOBÓN, S. **Formación Basada en Competencias**; ECOE Ediciones: Bogotá, Columbia, 2005. 68.

TOBÓN, Sergio. **Aspectos Básicos de la Formación Basada em Competencias**; Proyecto Mesesup: Talca, Chile, 2006.

WALS, Arjen E, J. Sustainability in higher education in the context of the UN DESD: a review of learning and institutionalization processes. **Journal of Cleaner Production**, 8 -15, 2014.

WIEK, Arnim, KAY, Braden. “Learning while transforming: solution-oriented learning for urban sustainability in phoenix, Arizona”, **Current Opinion in Environmental Sustainability**, Vol. 16, p. 29-36, 2015.

WIEK, Arnim, WITHYCOMBE, Lauren, REDMAN, Charles L. **Key competencies in sustainability**: A reference framework for academic program development Sustainability Science 6, 203–218, 2011. doi:10.1007/s11625-011-0132-6.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Education for Sustainable Development Goals** - Learning Objectives. 2017. Disponível em:

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644475213>

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>. Acesso em: 20 set. 2022.

VALDÉS, Hugo, CORREA, Christian, MELLADO, Felipe. (2018). Proposed Model of Sustainable Construction Skills for Engineers in Chile. **Sustainability**, 10(9), 3093. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10093093>.

ZARIFIAN, Philippe. **Objectifcompétence**: pour une nouvelle logique. Paris: Editions Liaisons, 1999.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)