



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Jeffson Veríssimo de Oliveira

**Práticas de ensino alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para
incorporação da sustentabilidade na Graduação em Engenharia de Produção do Brasil**

Florianópolis

2024

Jeffson Veríssimo de Oliveira

**Práticas de ensino alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para
incorporação da sustentabilidade na Graduação em Engenharia de Produção do Brasil**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Lucila Maria de Souza Campos
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

Florianópolis

2024

Oliveira, Jeffson Veríssimo de
Práticas de ensino alinhadas aos Objetivos de
Desenvolvimento Sustentável para incorporação da
sustentabilidade na Graduação em Engenharia de Produção do
Brasil / Jeffson Veríssimo de Oliveira ; orientadora,
Lucila Maria de Souza Campos, coorientador, Daniel
Pacheco Lacerda, 2024.
188 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Sustentabilidade. 3.
Educação em Engenharia. 4. Práticas pedagógicas . 5. Ensino
superior. I. Campos, Lucila Maria de Souza . II. Lacerda,
Daniel Pacheco . III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção. IV. Título.

Jeffson Veríssimo de Oliveira

**Práticas de ensino alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para
incorporação da sustentabilidade na Graduação em Engenharia de Produção do Brasil**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 01 de abril de 2024,
por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL

Prof.(a) Fabio Sartori Piran, Dr.
Universidades do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Prof. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Lucila Maria de Souza Campos, Dra.
Orientadora

Florianópolis, 2024.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus, pelo dom da vida e a graça que me concedeu para iniciar e concluir mais uma etapa. Ele é nosso ponto de referência último, aquele para quem, em última instância, são todas as coisas. Sem Ele, todo pensamento e ação tornam-se sem sentido.

À minha família, por sempre me apoiar e permanecer comigo em todos os momentos da vida. Meus pais, por todo apoio, amor, incentivo e cuidado. Palavras são insuficientes para expressar o que vocês representam em minha vida. Meus irmãos, por toda parceria ao longo da vida. À Jordana, pelo carinho, companheirismo e companhia de sempre. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha orientadora, Profa. Dra. Lucila Campos. Sempre justa, paciente exigente e compreensiva. Muito obrigado por toda orientação e carinho ao longo desse percurso. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Daniel Lacerda. Sempre muito gentil e perspicaz, com contribuições que foram fundamentais para a conclusão desse trabalho. Foi uma grata satisfação e privilégio ter sido orientado por vocês nessa jornada acadêmica.

À banca de defesa, composta pelos professores Dr. José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, Dr. Fabio Sartori Piran e Dr. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva. Agradeço pela gentileza e disponibilidade de aceitarem participar da banca e por todas as valiosas sugestões que enriqueceram esse trabalho.

Sou grato à UFSC, especialmente ao PPGEP, pela oportunidade de estudar nessa instituição e desenvolver essa pesquisa. Agradeço à CAPES, por fornecer os recursos e financiamento que tornaram possível dedicar-me a esse projeto.

Aos colegas do LGAA, por toda parceria ao longo dessa jornada. Também, aos colegas mais próximos do LDL, pelas pesquisas realizadas juntos. Grato por toda ajuda. Com vocês, a jornada tornou-se mais leve.

Aos amigos de sempre, e àqueles que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão dessa etapa. Obrigado por todo apoio, amizade e momentos juntos.

RESUMO

As Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham relevante papel para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A fim de introduzir a temática da sustentabilidade no ensino de engenharia, muitas IES promovem o desenvolvimento de iniciativas pedagógicas e aplicação de práticas de ensino. Este estudo identifica um conjunto de práticas de ensino, alinhadas aos ODS, para incorporação da sustentabilidade na Graduação de Engenharia de Produção (EP) no Brasil. Para isso, a pesquisa baseia-se em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que identificou um conjunto de práticas para incorporar a sustentabilidade, aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Arelado a isso, visando aferir os resultados encontrados na revisão de literatura, foi realizada uma análise documental para estudar como essas práticas de ensino são implementadas nas universidades que integram o QUALENV – consórcio de universidades da América Latina. Foram identificadas sete práticas na RSL. Destas, seis estiveram presentes e foram incorporadas nas IES do consórcio QUALENV. Após isso, foi realizado uma pesquisa de campo com o intuito de avaliar o nível de incorporação dessas práticas de ensino nas graduações em EP do Brasil. Para tanto, foi desenvolvido e aplicado um questionário, além da realização de entrevistas junto aos coordenadores desses cursos. Os dados foram analisados em termos de concordância dos especialistas por meio do índice Fleiss' Kappa, e análise de conteúdo das entrevistas, que buscaram aprofundar a compreensão do fenômeno. Identificaram-se os principais ODS abordados nos cursos e sua relevância. Adicionalmente, observou-se o nível de incorporação das práticas de ensino nos cursos de EP. No intuito de determinar a priorização dessas práticas de ensino, o *Fuzzy* DEMATEL apoiou a avaliação do grau de importância e as relações causais entre essas práticas. Os principais resultados mostram que as práticas com maior nível de prioridade foram aquelas que enfatizam a transversalidade e os aspectos metodológicos do ensino. Observou-se também que há uma disposição para se abordar o “desenvolvimento de competências de sustentabilidade”, bem como uma necessidade de promover “ações sustentáveis transdisciplinares” e “iniciativas práticas no currículo”. Recomenda-se que as IES focalizem nas práticas mais proeminentes para iniciar o processo de incorporação da sustentabilidade. Um mapa estratégico foi elaborado para guiar as escolas de engenharia na incorporação dos ODS em suas iniciativas pedagógicas. Este estudo contribui com um modelo para priorização de práticas de ensino aplicadas no currículo dos cursos de engenharia, oferecendo uma estrutura orientadora para a inserção da sustentabilidade no ensino e alinhamento dos cursos de engenharia aos ODS. A adoção dessas práticas de ensino na graduação e sua aplicação sistemática pode também contribuir para capacitar futuros profissionais no conhecimento sobre os ODS.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Práticas; Ensino superior; Currículo; Educação em Engenharia; *Fuzzy* DEMATEL; MCDM; ODS.

ABSTRACT

Institutions of Higher Education (IHEs) play a significant role in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). To introduce the theme of sustainability into engineering education, many IHEs promote the development of pedagogical initiatives and the application of teaching practices. This study identifies a set of teaching practices aligned with the SDGs for the incorporation of sustainability in undergraduate Industrial Engineering (IE) programs in Brazil. For this purpose, the research is based on a Systematic Literature Review (SLR) that identified a set of practices to incorporate sustainability applied in the curriculum of engineering courses. Linked to this, aiming to assess the results found in the literature review, a documentary analysis was conducted to study how these teaching practices are being implemented in the universities that make up QUALENV – a consortium of Latin American universities. Seven practices were listed in the SLR. Of these, six were present and incorporated into the QUALENV consortium HEIs. Following this, a field study was conducted to assess the level of incorporation of these teaching practices in EP undergraduate programs in Brazil. For this purpose, a questionnaire was developed and administered, in addition to conducting interviews with the coordinators of these courses. The data were analyzed in terms of expert agreement using the Fleiss' Kappa index and through content analysis of the interviews, which sought to deepen the understanding of the phenomenon. The main SDGs addressed in the courses and their relevance were identified. Additionally, the level of incorporation of teaching practices in IE courses was observed. To determine the prioritization of these teaching practices, Fuzzy DEMATEL supported the evaluation of the degree of importance and causal relationships among these practices. The main results show that the practices with higher priority levels were those that emphasize the cross-cutting nature and methodological aspects of teaching. It was also observed that there is a willingness to address 'development of sustainability competencies' and a need to promote 'transdisciplinary sustainable actions' and 'practical initiatives in the curriculum'. It is recommended that HEIs focus on the most prominent practices to initiate the process of incorporating sustainability. A strategic map was developed to guide engineering schools in integrating the SDGs into their pedagogical initiatives. This study contributes a model for prioritizing teaching practices applied in the curriculum of engineering courses, providing a guiding framework for the incorporation of sustainability into education and alignment of engineering courses with the SDGs. The adoption of these teaching practices in undergraduate programs and their systematic implementation can also contribute to equipping future professionals with knowledge about the SDGs.

Keywords: Sustainability; Practices; Higher Education; Curriculum; Engineering Education; Fuzzy DEMATEL; MCDM; SDGs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação da Pesquisa	31
Figura 2 – Fases da pesquisa	35
Figura 3 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	65
Figura 4 - Resultado Fleiss' Kappa – Geral	100
Figura 5 - ODS mais abordados x ODS mais relevantes para os cursos de EP	104
Figura 6 - Mapa estratégico para incorporação da sustentabilidade no currículo de EP a partir das práticas de ensino.	132

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos cursos de EP por Categoria administrativa e Modalidade de ensino.....	34
Gráfico 2 - Frequência das práticas nos estudos analisados.....	88
Gráfico 3 - Categoria administrativa e regiões dos cursos.....	99
Gráfico 4 - Turno de funcionamento e modalidade dos cursos.....	100
Gráfico 5 - IRM das práticas de ensino.....	115
Gráfico 6 - (a) IRM na perspectiva das IES públicas (b) IRM na perspectiva das IES privadas.....	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Eixos e palavras-chave	38
Quadro 2 – Critérios de inclusão e exclusão para a revisão sistemática.	39
Quadro 3 - Critérios para categorização das práticas	41
Quadro 4- Síntese da etapa de Revisão	44
Quadro 5 - Instituições parceiras do consórcio QUALENV	45
Quadro 6 - Atividades de trabalho desenvolvidas no Consórcio QUALENV	47
Quadro 7 - Perguntas do questionário e sua finalidade.	52
Quadro 8 - Informações sobre as entrevistas e participantes.....	54
Quadro 9 - Classificação dos resultados de <i>Fleiss' Kappa</i>	55
Quadro 10 - Áreas e sub áreas da Engenharia de Produção	76
Quadro 11 - Práticas para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia	81
Quadro 12- Práticas para inserção da sustentabilidade adotadas no consórcio QUALENV....	92
Quadro 13 - Síntese das ações referentes à prática 1 no currículo de EP	107
Quadro 14 - Síntese das ações referentes à prática 2 no currículo de EP	108
Quadro 15 - Síntese das ações referentes à prática 3 no currículo de EP	109
Quadro 16 - Síntese das ações referentes à prática 4 no currículo de EP	110
Quadro 17 - Síntese das ações referentes à prática 5 no currículo de EP	111
Quadro 18 - Síntese das ações referentes à prática 6 no currículo de EP	112
Quadro 19 - Síntese das ações referentes à prática 7 no currículo de EP	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos cursos de EP plenos e com habilitações.....	33
Tabela 2 - Resumo do procedimento de triagem.....	40
Tabela 3 - Escala linguística Fuzzy para avaliação dos respondentes.....	58
Tabela 4 - Análise da concordância sobre a importância dos ODS para o currículo de EP...	102
Tabela 5 - Análise da concordância sobre a relevância das práticas para o currículo de EP .	105
Tabela 6 - Matriz de influência Total (T) entre as práticas	114
Tabela 7 - (a) Matriz de influência Total (T) na perspectiva das IES públicas (b) Matriz de influência Total (T) na perspectiva das IES privadas.....	119

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
BUAP	Beneméira Universidad Autónoma de Puebla
DS	Desenvolvimento Sustentável
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EC	Economia Circular
EDS	Educação para o Desenvolvimento Sustentável
EMF	Ellen MacArthur Foundation
EP	Engenharia de Produção
GU	Universidade de Gotemburgo
IES	Instituições de Ensino Superior
ISCTE	Instituto universitário de Lisboa
IRM	<i>Impact-Relation Map</i>
MCDM	<i>Multi Criteria Decision Method</i>
MEC	Ministério da Educação
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
POLITO	Politecnico di Torino
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
PUC-RS	Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SDSN	Rede de Soluções de Desenvolvimento Sustentável
SULITEST	Sustainability Literacy Test
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
UCR	Universidad de Costa Rica
UDG	Universidad de Guadalajara
UE	União Europeia
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
ULIMA	Universidad de Lima
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica

UNESCO Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNINORTE Universidad Del Norte

UNISABANA Universidad de La Sabana

UNISUL Universidade do Sul de Santa Catarina

UP Universidad del Pacífico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo geral.....	20
1.1.2 Objetivos específicos	21
1.2 JUSTIFICATIVA	21
1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	26
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	29
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NO BRASIL	31
2.3 ETAPAS DA PESQUISA	34
2.4 FASE 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	36
2.4.1 Coleta de dados da Fase 1	37
2.4.2 Análise de dados da Fase 1	41
2.5 FASE 2 – PESQUISA DOCUMENTAL	44
2.5.1 Caracterização do Consórcio QUALENV.....	44
2.5.2 Coleta e análise de dados da Fase 2	46
2.6 FASE 3 – PESQUISA DE CAMPO.....	49
2.6.1 Coleta de dados da Fase 3.....	50
2.6.2 Análise de dados da Fase 3	55
3. REFERENCIAL TEÓRICO	61
3.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	61
3.2 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	63
3.3 SUSTENTABILIDADE NO ENSINO SUPERIOR	66

3.4 PRÁTICAS PARA INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DO ENSINO SUPERIOR	69
3.5 SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS DE ENGENHARIA.....	71
3.6 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	74
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	80
4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS PRÁTICAS PARA INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE ENGENHARIA.....	80
4.1.1 Identificação das práticas na RSL	80
4.1.2 Resultados da pesquisa documental.....	90
4.2 ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO E RELEVÂNCIA DAS PRÁTICAS NO CURRÍCULO DE ENGENHARIA.....	98
4.2.1 Análise perceptiva sobre a inserção da sustentabilidade nas IES.....	98
4.2.2 Análise qualitativa da incorporação das práticas para o currículo de engenharia	106
<i>4.2.2.1 Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade.....</i>	<i>107</i>
<i>4.2.2.2 Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso</i>	<i>108</i>
<i>4.2.2.3 Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade</i>	<i>109</i>
<i>4.2.2.4 Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade</i>	<i>110</i>
<i>4.2.2.5 Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo.....</i>	<i>110</i>
<i>4.2.2.6 Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos</i>	<i>111</i>
<i>4.2.2.7 Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade.....</i>	<i>112</i>
4.3 RELAÇÕES CAUSAIS E PROEMINÊNCIA DAS PRÁTICAS PARA A INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	113
4.3.1 Perspectiva das IES públicas e privadas	118
5. DISCUSSÕES	123
5.1 PRÁTICAS PARA INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO: EVIDÊNCIAS DA LITERATURA E DO QUALENV	123

5.2 IDENTIFICAÇÃO DA PRIORIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE ENSINO PARA INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO.....	131
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	138
6.1 CONCLUSÕES.....	138
6.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	140
6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	141
REFERÊNCIAS	143
APÊNDICE A – PORTFÓLIO DE ARTIGOS SOBRE PRÁTICAS PARA A INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE ENGENHARIA ..	157
APÊNDICE B – DOCUMENTOS DO CONSÓRCIO QUALENV SELECIONADOS PARA ANÁLISE DOCUMENTAL.....	161
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE PRÁTICAS PARA A INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	163
APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS.....	184
APÊNDICE E – TABELAS E MATRIZES DA APLICAÇÃO DO FUZZY DEMATEL	186

1. INTRODUÇÃO

Decorrente de sua responsabilidade diante da crescente crise ambiental, as instituições de ensino superior (IES) desempenham papel decisivo na educação para a sustentabilidade. Existe uma necessidade de mudanças substanciais tanto nos currículos quanto nas práticas pedagógicas na educação superior, bem como a indispensabilidade de uma abordagem que desafie as formas atuais de pensar e agir em relação ao meio ambiente (Howlett; Ferreira; Blomfield, 2016).

O acordo global do clima assinado em 2015 e a decisão da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) constituem apelos urgentes para o envolvimento e contribuição do ensino superior na formação das futuras gerações de cidadãos conscientes de seu papel na criação de uma sociedade melhor. As metas da ONU incluem a ênfase, em até 2030, de garantir que todos os discentes adquiram os conhecimentos e habilidades necessárias para promover o Desenvolvimento Sustentável (DS), inclusive, entre outros, por meio da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) e estilos de vida sustentáveis (ONU, 2015).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e a ONU, a educação tem um papel fundamental para um futuro sustentável. As Universidades assumem um papel de liderança nas questões de sustentabilidade (UNESCO, 2018; ONU, 2015). À medida que as universidades educam os líderes que desempenham importantes papéis na disseminação do conhecimento sobre DS e na transformação das sociedades (Ribeiro *et al.*, 2021; Diaz-Sarachaga; Longo Sarachaga, 2024), podem alavancar a promoção da sustentabilidade e criar uma estrutura institucional de disseminação dos ODS por meio de políticas de ensino e aprendizagem. No entanto, seu impacto positivo e contribuição são marginais se as práticas relacionadas à sustentabilidade não forem sistemáticas para promover a melhoria contínua e garantir a qualidade.

As IES são reconhecidas pela sociedade como entidades capazes de fomentar o pensamento crítico e cidadãos, estimulando uma cultura de disseminação do conhecimento (Velazquez *et al.*, 2006). De acordo com a Rede de Soluções de Desenvolvimento Sustentável (SDSN, em inglês), as funções principais da atividade universitária são: a) aprendizagem e ensino; b) pesquisa; c) governança organizacional, cultura e operações; e d) liderança externa; sendo que a sustentabilidade deve estar presente em todas (SDSN, 2017). Logo, a questão de como as Universidades podem ser agentes de mudança, colocando em prática o ensino sobre

sustentabilidade, é crucial e merece a atenção de profissionais e acadêmicos (Leal Filho *et al.*, 2019a).

Nesse contexto, as IES desenvolvem estratégias e iniciativas para implementar práticas de sustentabilidade a partir de uma agenda institucional que melhore a disseminação do conhecimento (Berchin *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2015). Há uma preocupação com a formação dos futuros profissionais que atuarão no mercado, necessitando formar profissionais com senso crítico em relação às questões associadas à sustentabilidade (Rampasso *et al.*, 2018).

Segundo a SDSN, para promover o envolvimento com os ODS, as IES devem adotar os seguintes passos: 1) mapear o que está sendo feito, 2) qualificar a comunidade interna para o domínio sobre os ODS, 3) identificar prioridade, oportunidades e lacunas, 4) integrar, implementar e incorporar os ODS dentro das estratégias, políticas e práticas das IES e 5) monitorar, comunicar e avaliar suas ações a respeito dos ODS (SDSN, 2017).

Alcançar os ODS nas IES significa introduzir novas estratégias pedagógicas nos currículos universitários (Romero *et al.*, 2020). Destaca-se o papel das universidades em relação à implementação dos ODS em suas extensas atividades de ensino e aprendizagem, incluindo ensino de graduação e pós-graduação, treinamento profissional, educação executiva, aprendizado *on-line*, atividades extracurriculares e clubes e sociedades estudantis (Leal Filho *et al.*, 2019a).

Dentre as diversas estratégias que podem ser utilizadas para superar a lacuna entre as aspirações e efetivação das ações na adoção da sustentabilidade dentro das IES, merece ênfase o treinamento em sustentabilidade dos diversos *stakeholders* da universidade (Sanchez-Carrillo; Cadarso; Tobarra, 2021). Seguindo esse raciocínio, Rampasso *et al.* (2019) destacaram uma maior utilização dos ODS como ferramenta de ensino como uma das medidas que pode ser implementada para resolver as dificuldades identificadas para inserção da sustentabilidade no ensino superior, especialmente na engenharia.

A engenharia exerce papel crucial no cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030, de modo que os profissionais dessa área contribuem para o desenvolvimento de soluções que impactam significativamente a qualidade de vida das pessoas, a preservação dos recursos naturais e o bem-estar social (Andrade, 2022; Gómez- Martín *et al.*, 2021; UNESCO, 2021). É necessário formar engenheiros que além do conhecimento técnico, desenvolvam uma postura reflexiva em relação aos aspectos socioambientais de sua profissão. Assim, a sustentabilidade precisa ser central para a concepção de currículos no ensino superior (Ashraf; Alanezi, 2020).

Nesse contexto, diferentes programas de engenharia procuram incorporar a sustentabilidade em seu currículo. Entretanto, a maioria das universidades são da Europa,

Estados Unidos e outros países desenvolvidos, com escassos estudos sobre a implementação de práticas que incorporem a sustentabilidade em universidades de países em desenvolvimento e pouca literatura que discuta essa temática nas universidades de países mais pobres (Arefin *et al.*, 2021).

Em vista disso, programas internacionais como o Erasmus+ financiam projetos de capacitação na área do ensino superior, fornecendo um meio de interação entre IES de países desenvolvidos e em desenvolvimento, por meio dos quais vários projetos são implementados (Ruiz-Rivas *et al.* 2020). Essa estratégia também é assinalada por Sanchez-Carrilli, Cadarso e Tobarrá (2021), que sugerem a construção de redes de parceiros e colaboração com outras instituições, sobretudo aquelas que reúnem parceiros de diferentes continentes e geram aprendizados interculturais.

Assim, as universidades têm criado parcerias, sendo um exemplo disso o QUALENV, consórcio de universidades da Europa e América Latina criado pelo Programa Erasmus+ (QUALENV, 2020). O consórcio teve como principal objetivo aumentar a contribuição das Universidades Latino-Americanas para o DS, por meio da implementação de práticas ambientais sistemáticas e processos de qualidade alinhados aos ODS, melhorando a gestão e o funcionamento das IES (QUALENV, 2020).

O QUALENV estabeleceu uma rede europeia e latino-americana de educação sustentável e a melhoria contínua dos sistemas de gestão e recursos educacionais. Houve uma transferência de experiências, compartilhamento do conteúdo educacional em sustentabilidade e treinamento de valor entre as IES parceiras, contribuindo efetivamente para acelerar o progresso na implementação dos ODS nas universidades latino-americanas (QUALENV, 2020).

Rampasso *et al.* (2019) enfatizaram que interações mais intensas entre as universidades, para melhor troca de informações e disseminação de boas práticas, pode ser outra medida para atenuar os problemas identificados na incorporação da sustentabilidade nos cursos de engenharia. Em vista disso, abordar os ODS no ensino de engenharia torna-se relevante para que os futuros engenheiros desenvolvam habilidades pessoais, de trabalho em equipe e de resolução de problemas e sejam capazes de anteciparem os problemas de sustentabilidade e possíveis danos ao meio ambiente a partir das novas tecnologias de produção (Romero *et al.*, 2020).

Os educadores em engenharia, em geral, abordam a sustentabilidade de uma perspectiva integradora (Gutierrez-Bucheli; Kidman; Reid, 2022). Porém, remanescem dificuldades e desafios para inserir conceitos de sustentabilidade no ensino de engenharia que precisam ser

superados para integrar organicamente a sustentabilidade aos currículos (Rampasso *et al.*, 2018). Dentre os principais desafios encontrados para inserção dos conceitos de sustentabilidade nos cursos de engenharia pode-se citar que questões sustentáveis debatidas apenas em disciplinas específicas, dificuldade de integração de disciplinas para o ensino da sustentabilidade e falta de exemplos práticos de como a sustentabilidade pode ser inserida no contexto específico do curso estão listados entre os desafios mais evidentes (Rampasso *et al.*, 2019).

Tendo em vista o papel da engenharia para o desenvolvimento das nações e alcance da maioria dos ODS (Lucena; Schneider, 2008; Romero *et al.*, 2020), pesquisar sobre mecanismos educacionais para integrar a sustentabilidade nos projetos pedagógicos dos cursos de graduação em engenharia é fundamental. A reforma curricular é amplamente considerada um processo-chave para abordar uma série de desafios no ensino de engenharia (Von Blottnitz; Case; Fraser, 2015).

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia, atualizadas em 2019, assinalam uma mudança de perfil profissional que direcionará as matrizes de formação dos engenheiros (Andrade, 2022), destacando aspectos para além da expressiva formação técnica existente e exigida na graduação em engenharia. A resolução enfatiza que os engenheiros devem ser capazes de reconhecer as necessidades dos usuários e resolver os problemas de engenharia criativamente, contribuindo com o DS (BRASIL, 2019).

A literatura e os desafios apresentados encaminham a seguinte questão: *Quais práticas para inserção da sustentabilidade podem ser incorporadas no currículo dos cursos de Graduação em Engenharia de Produção (EP) do Brasil, em consonância com os ODS, visando formar engenheiros que possam tornar as organizações mais sustentáveis?* A seguir, são expostos os objetivos da pesquisa.

1.1. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram constituídos a partir de uma definição geral, envolvendo o escopo principal da pesquisa, e objetivos específicos, com pontos a serem alcançados ao longo da pesquisa.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar exploratoriamente e propor uma priorização das práticas de ensino alavancadoras para a inserção da sustentabilidade, alinhadas aos ODS, a serem incorporadas nos cursos de graduação em Engenharia de Produção no Brasil.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais práticas de ensino para inserção da sustentabilidade presentes na literatura científica e no consórcio QUALENV;
- Avaliar o nível de incorporação das práticas de ensino, adotadas para inserir a sustentabilidade no currículo dos cursos de graduação em Engenharia de Produção do Brasil;
- Determinar a priorização das práticas de ensino, a partir do grau de importância e causalidade, para incorporar a sustentabilidade e alinhar os cursos de graduação aos ODS.

1.2 JUSTIFICATIVA

As universidades contribuem com a educação em sustentabilidade ao promover o ensino dos ODS nos cursos de graduação e pós-graduação, fomentar pesquisas e treinar coordenadores de curso e professores que estão envolvidos com o desenvolvimento dos currículos (Leal Filho *et al.*, 2019a). No entanto, embora haja crescimento da pesquisa sobre o tema e a criação de programas de extensão para facilitar a incorporação da sustentabilidade nos cursos e em sua rotina, as ações ainda são incipientes. As IES precisam estabelecer uma integração holística da sustentabilidade, de modo que esteja presente nas atividades, funções e operações, integrando meio ambiente, pessoas e lucro (Menon; Suresh, 2020).

Além disso, apesar da crescente relevância dos programas de sustentabilidade, as universidades enfrentam desafios significativos na implementação de práticas sustentáveis em suas atividades. As IES procuram métodos eficazes para inserir a sustentabilidade em políticas educacionais e encontram dificuldades tanto em estabelecer o DS na cultura universitária quanto para cumprir suas agendas de sustentabilidade (Berchin *et al.*, 2018).

Ressalta-se, também, o crescente interesse e necessidade sobre estudos que traçam estratégias para a implementação da sustentabilidade na educação. Em um estudo sobre as principais tendências na publicação científica sobre sustentabilidade no ensino superior, Leal Filho *et al.* (2021b) afirmaram que os ODS estão cada vez mais populares e despertam o

interesse tanto das universidades quanto na literatura. As IES devem incentivar a participação holística de diferentes partes interessadas, incluindo parcerias entre faculdades e colaborações com outras universidades para promover práticas relacionadas à sustentabilidade (Gutierrez-Bucheli; Kidman; Reid, 2022).

A participação internacional não apenas aumenta a conscientização sobre os desafios enfrentados em diferentes regiões do mundo, mas também pode contribuir para o aprendizado compartilhado por meio de pesquisas colaborativas, interdisciplinares e multidisciplinares (Berchin *et al.*, 2018). Nesse sentido, deve-se promover o trabalho colaborativo em redes internacionais com outros países para estabelecer uma estrutura comum e compartilhar práticas (Bautista-Puig; Sanz-Casado, 2021), cujo objetivo mais amplo dessas parcerias é criar sinergias de modo a gerar benefícios mútuos entre todos os parceiros, fazendo com que atinjam objetivos individuais e comuns (Leal Filho *et al.*, 2022).

Desse modo, diversas IES, de diferentes países e continentes, têm estabelecido parcerias com o intuito de contribuir para o alcance do DS e aperfeiçoarem suas práticas ambientais. Isso tem sido realizado por meio de uma abordagem abrangente para as operações de campus e atividades acadêmicas, tornando-se uma oportunidade que pode contribuir com a melhoria da sustentabilidade, disseminação do conhecimento e avanço da temática.

Em vista disso, as universidades buscam estabelecer parcerias no esforço de implementar práticas para incorporação da sustentabilidade em sua gestão e ensino. Dentre elas, destaca-se o QUALENV, consórcio de universidades da América Latina criado pelo Programa Erasmus+, um programa da União Europeia (UE) nos domínios da educação, com a participação de outras 14 IES de diferentes países e continentes, incluindo a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Projetos como esse, comparando várias IES com diferentes estratégias de disseminação da sustentabilidade, podem fornecer resultados de interesse para a academia (Ribeiro *et al.*, 2021). Isso é ainda mais latente quando se trata de países em desenvolvimento, o que torna esse contexto um perceptível desafio e uma importante lacuna de pesquisa, dado o importante papel que as economias em desenvolvimento desempenham no contexto do DS (Gutierrez-Bucheli; Kidman; Reid, 2022; Thürer *et al.*, 2018). Logo, o envolvimento de diversas instituições de ensino em parcerias por meio de projetos internacionais torna-se fundamental para o aumento da contribuição das universidades para a incorporação do DS.

Diante do exposto, o presente estudo possui relevância ao compartilhar estratégias e práticas que estão sendo utilizadas por IES do Brasil e do mundo para incorporar a sustentabilidade e contribuir para os ODS, sobretudo por meio da promoção e integração de

conteúdos de sustentabilidade e pesquisas direcionadas para o cumprimento dos ODS (QUALENV, 2020). Logo, explorar os resultados de um projeto dessa abrangência desponta como uma oportunidade de pesquisa que merece ser estudada, permitindo que às universidades de países em desenvolvimento avaliem seus avanços frente às IES de países desenvolvidos, posto que estas IES produzem conteúdo educacional e treinamento de alto valor que podem servir efetivamente para acelerar o progresso na implementação dos ODS nas universidades latino-americanas.

Ressalta-se ainda que os ODS despontam como uma boa oportunidade de exploração para as IES promover seus trabalhos (Leal Filho *et al.*, 2017) e desenvolver estratégias para a sustentabilidade no ensino visando a melhoria dos currículos. Isso se torna ainda mais pertinente ao se constatar que o envolvimento das universidades ainda está nos estágios iniciais, necessitando de pesquisas no que orientem à inclusão dos ODS no contexto das atividades das IES (Leal Filho *et al.*, 2019a). Nesse sentido, o presente estudo contribui por elencar um conjunto de práticas de ensino para incorporar a sustentabilidade na educação em engenharia, alinhadas aos ODS.

A falta de um currículo de sustentabilidade nas instituições de ensino requer o redesenho dos currículos dos cursos para capacitar futuros profissionais a desenvolver uma ampla compreensão do *Triple-Bottom Line*, por meio de um maior envolvimento com o aprendizado transformador (Tasdemir; Gazo, 2020). Todavia, para que isso aconteça é necessário identificar quais práticas de ensino podem contribuir para incorporação da sustentabilidade no currículo.

Com isso, pode-se estabelecer a priorização dessas práticas de modo a apontar suas relações causais, concentrando esforços e recursos nas mais relevantes para a educação em engenharia. Tal questão se alinha com a necessidade de pesquisas focalizando em práticas de ensino para incorporar a sustentabilidade nos currículos universitários, uma vez que as maiores barreiras para incorporação da sustentabilidade nas universidades encontram-se no campo do ensino (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Organizações internacionais e a academia têm apontado os engenheiros como atores-chave para enfrentar os desafios da sustentabilidade, sendo indispensáveis para o cumprimento ODS (Sigah; Sznelwar, 2023). A melhor maneira de realizar uma transformação de mentalidade e preparar engenheiros para implementar a sustentabilidade em suas carreiras é por meio de sua formação (Ashraf; Alanezi, 2020). Desse modo, considerando que pesquisas relacionadas à incorporação da sustentabilidade no ensino de engenharia são raras (Arefin *et al.*, 2021), e tendo em vista o relevante papel dos engenheiros na resolução de problemas socioambientais no

exercício de sua profissão (UNESCO, 2021), propõe-se estudar essas práticas de ensino voltadas para o currículo de engenharia.

Em uma pesquisa de Rajabifard *et al.* (2021), os ODS foram utilizados como uma abordagem sistemática para incorporar a sustentabilidade no ensino, estabelecendo a ligação entre o currículo e os objetivos de aprendizagem de disciplinas de graduação e pós-graduação (Rajabifard *et al.*, 2021). Um outro estudo tratou especificamente do DS no ensino da engenharia, analisando o atual estado da educação em engenharia para o DS em universidades da Sérvia e discutindo maneiras de integrar o DS nos programas de estudo das faculdades de engenharia (Nikolić; Vukić, 2021).

Arefin *et al.* (2021) analisaram a literatura e avaliaram dados das universidades australianas para saber o *status* atual em relação à integração da sustentabilidade na engenharia. Gomes-Martín *et al.* (2021) discutiram sobre a implementação dos ODS em um curso de engenharia civil na Espanha. Na Grécia, os currículos de graduação e pós-graduação e sites de todas as escolas de engenharia foram examinados para identificar conteúdos e ações relacionadas ao DS (Gaidajis; Angelakoglou; Aktsoğlu, 2012). Alexa *et al.* (2020) analisaram a EDS em universidades técnicas romenas. Assim sendo, diversas pesquisas desenvolvidas em diferentes localidades evidenciam a relevância de estudos dessa natureza.

No entanto, as pesquisas raramente focalizaram o problema da educação em engenharia em países em desenvolvimento (Ruiz-Rivas *et al.*, 2020). Esse estudo se mostra pertinente por se inserir na América Latina, uma região que apresenta oportunidades para novas investigações sobre a incorporação da sustentabilidade nas IES (Leal Filho *et al.*, 2023), no contexto de um país em desenvolvimento, o Brasil.

No Brasil, algumas iniciativas aconteceram na tentativa de discutir sobre a inserção de práticas para a sustentabilidade. Tominaga *et al.* (2021) fizeram uma análise crítica do ensino de engenharia com foco na sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos. Correa *et al.* (2020) analisaram como a sustentabilidade tem sido inserida nos cursos de graduação em design oferecidos pelas IES brasileiras. O trabalho de Rampasso merece destaque (Rampasso *et al.*, 2020; Rampasso *et al.*, 2019; Rampasso *et al.*, 2018), uma vez estudou a inserção da sustentabilidade no ensino de engenharia no Brasil, e elencou critérios para avaliação da sustentabilidade no contexto brasileiro (Rampasso *et al.*, 2020), apontou as dificuldades enfrentadas pelas IES brasileiras (Rampasso *et al.*, 2018) e descreveu os desafios na implementação da EDS sob a perspectiva dos estudantes brasileiros de engenharia (Rampasso *et al.*, 2019). Contudo, a maioria desses estudos tratam da engenharia no geral, desconsiderando as diferenças substanciais quanto à abordagem, ênfase e campo de estudo de cada curso. Poucas

pesquisas trataram de algum curso de engenharia específico a partir da realidade de mais de uma IES, ou abordando a incorporação da sustentabilidade com foco nas práticas de ensino.

Essa carência é ainda mais nítida quando se trata dos cursos de EP no Brasil, onde percebe-se que apesar da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) ter inserido as áreas de “Educação em Engenharia de Produção” e “Engenharia da Sustentabilidade” como áreas de pesquisa, há poucos estudos que abrangem ambos os temas. Sobretudo a área de educação em EP não se desenvolve de modo compatível com a expansão dos cursos de EP (Turrioni, 2017).

Quando estudado, o curso de EP é geralmente investigado em conjunto com outros cursos (Miñano Rubio *et al.*, 2019), ou tratado em relação à realidade de uma universidade específica, ou ainda, abordando a sustentabilidade a partir de outras perspectivas (Campos, 2021). É o caso, por exemplo, do estudo de Juliano, Melo e Marques (2017) que fizeram uma análise documental nos projetos pedagógicos dos cursos de EP de universidades públicas do Estado de São Paulo para identificar quais dimensões da sustentabilidade são abordadas nessas graduações, demonstrando que há apenas um uso generalizado e formal do conceito nos projetos pedagógicos e uma concepção de sustentabilidade associada à dimensão ambiental. Também a pesquisa de Souza *et al.* (2018), que analisaram o grau de inserção da temática da sustentabilidade nos cursos de EP plena no Brasil por meio de comparação entre a carga horária de disciplinas relacionadas à área da sustentabilidade e a carga horária total desses cursos, apontando a insuficiência de componentes curriculares que abordam a pauta.

No entanto, apesar dos esforços dos autores, não foram identificados estudos que tratem dos cursos de EP e realizem uma análise sobre práticas de ensino que estão sendo adotadas para incorporar a sustentabilidade nas matrizes curriculares dos cursos de engenharia, propondo sua priorização a partir das relações causais e importância que cada uma possui.

Desse modo, os resultados dessa pesquisa podem auxiliar as IES na implementação de práticas de ensino que contribuam para a incorporação dos ODS e cumprimento da agenda 2030, sobretudo no curso de EP, ao discutir maneiras como isso tem sido feito ao redor do mundo e como pode ser aplicado à realidade brasileira. Tendo em vista a carência de publicações e a pouca discussão dessas questões nos cursos de EP, este trabalho fornece informações relevantes para o desenvolvimento de mais estudos e o crescimento de áreas do conhecimento da EP, como a Educação em EP e Engenharia da Sustentabilidade.

A pesquisa pode, ainda, subsidiar os principais *stakeholders* das IES na discussão sobre a necessidade de mudanças curriculares e reestruturação dos projetos pedagógicos para a inserção da sustentabilidade nos currículos. Assim sendo, contribui para alinhar os cursos de

graduação à demanda atual de formar profissionais capazes de ajudar o país a enfrentar desafios do DS, conciliando o desenvolvimento humano com a preservação do planeta.

Portanto, pesquisar sobre a proposição de um conjunto de práticas de ensino para integração da sustentabilidade, alinhadas aos ODS, no currículo dos cursos de EP no Brasil e determinar sua priorização com base no nível de relevância e causalidade entre elas, justifica-se tanto do ponto de vista acadêmico como prático. Tal estudo apresenta uma oportunidade de pesquisa ainda pouco explorada na literatura e oferece uma tangível contribuição para avançar na incorporação da sustentabilidade por meio da aplicação de práticas de ensino no currículo dos cursos, promovendo a EDS no Brasil.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Esta pesquisa propõe práticas para inserção da sustentabilidade, alinhadas aos ODS, a serem incorporadas no ensino e extensão dos cursos EP no Brasil. O foco do estudo se concentra nos cursos no Brasil, em virtude de se buscar conhecer de modo mais aprofundado a realidade específica desse país.

O enfoque no profissional com formação superior em engenharia e no currículo desses cursos se justifica devido ao importante papel da engenharia no desenvolvimento econômico e no avanço da Agenda 2030 (UNESCO, 2021), tendo em vista que a atuação desses profissionais na busca por soluções sustentáveis pode impactar decisivamente na qualidade de vida das pessoas, dos seres vivos e dos ecossistemas, sendo indispensável que tenham uma formação inicial voltada para as soluções sustentáveis (Andrade, 2022). Além disso, tal enfoque é necessário tendo em mente a diferença de currículo destes cursos e ênfase da engenharia, que trata do conhecimento e da prática de resolução de problemas e, nesse sentido, busca desenvolver competências e equipar os alunos com ferramentas e habilidades necessárias para empreender soluções aos problemas complexos e multidisciplinares, criando novas tecnologias que auxiliem no redirecionamento da sociedade para um desenvolvimento mais sustentável (UNESCO, 2021).

Optou-se por abordar exclusivamente os cursos de EP nessa pesquisa. Os demais cursos de engenharia não farão parte do quadro desta pesquisa, uma vez que isso inviabilizaria a aplicação do estudo por seu escopo abrangente, haja vista as diferenças substanciais quanto à abordagem e campo de estudos dos diversos tipos de cursos de engenharia existentes.

A escolha desse curso de graduação se deu por sua relevância no Brasil. A EP detém significativa quantidade de cursos no país (1391) (e-MEC,2024), apesar de ser um curso relativamente recente quando comparado com as engenharias tradicionais, como por exemplo, engenharia civil, mecânica e elétrica (Oliveira *et al.*, 2013). Também possui o segundo maior número de matriculados na rede pública e maior número de matrículas em cursos à distância, tanto na rede privada como pública (SEMESP, 2021). Além disso, considerando o importante papel do engenheiro de produção na construção de uma sociedade sustentável (Selig; Campo; Leripio, 2008), focar-se-á nesse curso de engenharia em específico.

Outra delimitação desse estudo consiste no grau de formação acadêmica. O foco será os cursos de graduação, não contemplando os cursos *Lato sensu* e *Stricto sensu*, uma vez que existem diferentes objetivos (formação ampla na graduação, formação aprofundada na pós-graduação) e currículos distintos (mais rígido na graduação e mais flexível na pós-graduação) (Santos, 2008).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos. O Capítulo 1 faz uma breve contextualização geral do tema, demonstrando quais são os objetivos da pesquisa, para então expor a justificativa que motivou sua realização. Após isso, mostra qual o escopo do trabalho, delimitando sua área, e em seguida descreve o que aborda cada um dos capítulos escritos. Por meio desse capítulo objetiva-se contextualizar o leitor sobre a temática e sua importância.

O Capítulo 2 descreve os métodos de pesquisa a serem aplicados no estudo. Nele são detalhadas as fases do estudo, os métodos utilizados para o desenvolvimento de cada etapa, assim como os procedimentos do trabalho desenvolvido para alcance dos objetivos propostos. O capítulo apresenta o delineamento do estudo e as principais fases da pesquisa, descrevendo o passo a passo dos procedimentos metodológicos adotados, os tipos de dados empregados e as técnicas de coleta e análise de dados adotadas.

O Capítulo 3 revisa a literatura sobre os principais temas envolvidos no estudo, buscando apontar lacunas existentes e dar suporte teórico para a realização do estudo como um todo. Os conceitos discutidos neste capítulo abordam uma discussão geral sobre o tema da sustentabilidade e DS, discutindo os ODS como pano de fundo. Trata sobre como a sustentabilidade está sendo estudada dentro do ensino superior, como e quais práticas têm sido aplicadas no currículo das universidades, com ênfase em como os cursos de engenharia têm abordado essa questão, sobretudo o curso de EP. O principal resultado do capítulo é uma

descrição geral da literatura sobre a incorporação da sustentabilidade na educação superior, principalmente nos cursos de engenharia.

O Capítulo 4 apresenta, em três seções, os resultados da pesquisa obtidos de cada uma das três etapas de trabalho. Inicialmente expõe os resultados da identificação das práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo de engenharia, presentes na literatura vigente e no consórcio QUALENV. Segue-se para descrição dos resultados da pesquisa de campo, onde apresenta-se um panorama da inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de EP no Brasil e a percepção dos coordenadores de curso sobre a incorporação e relevância das práticas de ensino para o currículo. Por fim, expõe-se os resultados da modelagem *Fuzzy DEMATEL*.

O capítulo 5, destinado às discussões, apresenta as principais contribuições do trabalho, discutindo sobre as práticas para incorporação da sustentabilidade no currículo elencadas na literatura científica e no consórcio de universidades. Além disso, propõe uma estrutura de priorização dessas práticas de ensino para as escolas de engenharia, sugerindo por onde os cursos podem começar a desenvolver suas estratégias pedagógicas para incorporar a sustentabilidade no currículo.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais do estudo, descrevendo as principais conclusões, limitações da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos deste estudo, empregados para alcance de cada um dos resultados estabelecidos para essa pesquisa. É pertinente definir os procedimentos metodológicos de uma pesquisa científica, visando esclarecer a lógica e os critérios para o desenvolvimento do estudo.

A escolha apropriada dos métodos e técnicas de pesquisa pode contribuir para responder à questão de pesquisa levantada e atingir o objetivo proposto. Assim, apresenta-se nesse capítulo a caracterização da pesquisa e os detalhes das fases do estudo, abordando os métodos utilizados para o desenvolvimento de cada etapa.

2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa é a atividade fundamental das ciências na sua indagação e descoberta da realidade, podendo ser definida como o procedimento racional e sistemático que proporciona respostas aos problemas que são propostos (Gil, 2017). A forma clássica de classificação das pesquisas se estrutura em: quanto à natureza, do ponto de vista da forma de abordagem do problema, do ponto de vista de seus objetivos e, quanto aos procedimentos (Silva; Menezes, 2005).

Com relação à sua natureza, o presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, que é projetada para apoiar suas descobertas a um problema específico identificado pelo pesquisador (Gil, 2017; Collis; Hussey, 2005). Nesse estudo, busca-se identificar práticas de ensino para inserção da sustentabilidade no currículo e avaliar o seu nível de incorporação e relevância para os cursos de EP do Brasil.

Selecionou-se para este estudo a abordagem qualitativa, que conforme Stake (2011), é fundamentada em experiências e na interpretação do pesquisador, dependendo da singularidade da situação e contexto, cujo foco é prover exemplos situacionais de experiências individuais e grupais. Assim, a ênfase da abordagem qualitativa se encontra na perspectiva do indivíduo, de modo que a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é relevante e coopera para se interpretar o ambiente estudado (Miguel *et al.*, 2012). Portanto, este estudo utilizou-se de uma abordagem qualitativa baseada na percepção de coordenadores de cursos de graduação em EP no Brasil, com o apoio de técnicas quantitativas de tomada de decisão multicritério.

Quanto aos objetivos da pesquisa, caracteriza-se como exploratório, visto que possui o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a explicitá-lo ou

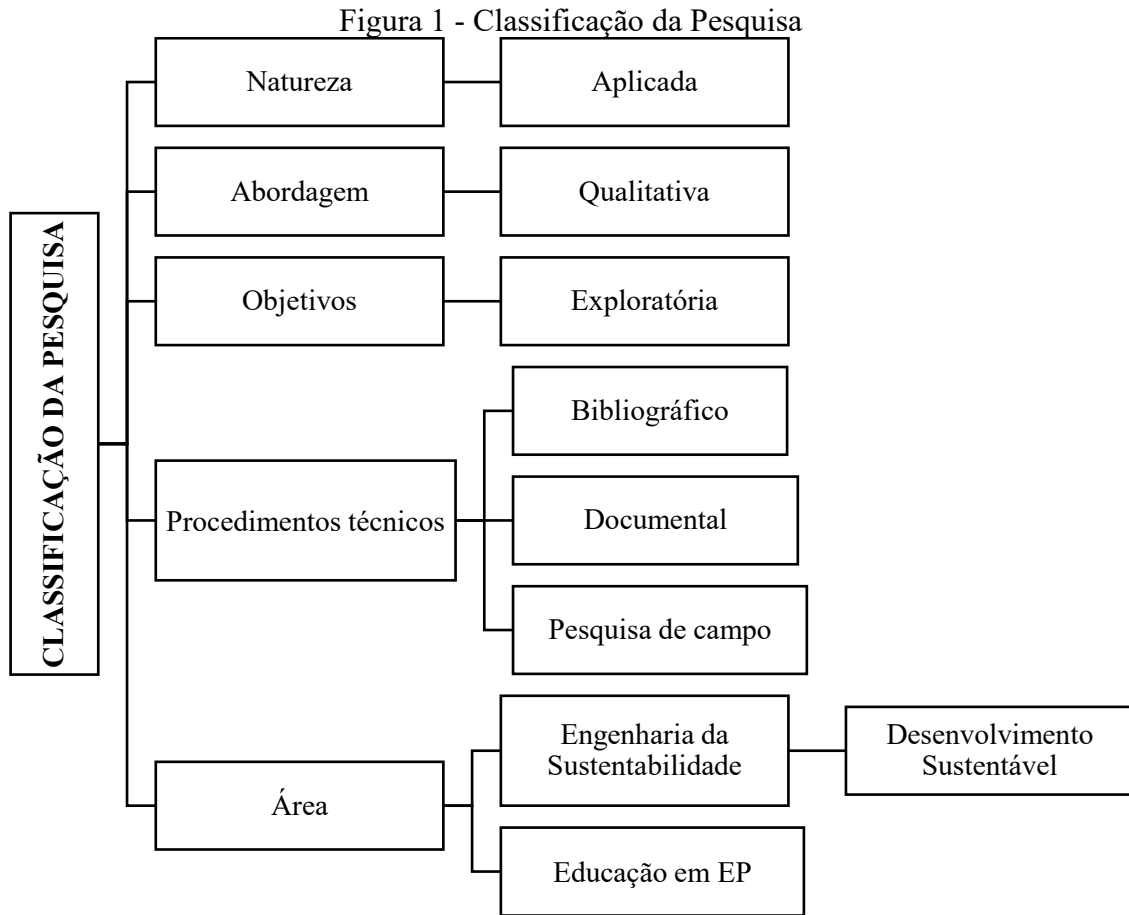
construir hipóteses, no intuito de ampliar a familiaridade sobre o tema e clarificar conceitos (Gil, 2017; Marconi; Lakatos, 2017), investigando práticas para inserção da sustentabilidade a partir da literatura e de um consórcio de universidades, avaliando o grau de importância e causalidade dessas práticas nas graduações de EP no Brasil.

Os procedimentos técnicos são tanto bibliográficos quanto análise documental. O método a ser empregado neste estudo é a revisão de literatura, elaborada por meio da análise de artigos científicos e publicações de órgãos nacionais e internacionais, combinada com uma análise documental, uma vez que também foram estudados os materiais disponibilizados pelo consórcio QUALENV, tais como relatórios e métricas das instituições estudadas contendo as práticas de cada uma delas. A pesquisa documental é muito próxima da pesquisa bibliográfica. Enquanto a primeira é elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico, isto é, fontes primárias, a pesquisa bibliográfica caracteriza-se como a que é elaborada a partir de material já publicado, tais como livros, artigos de periódicos, material disponibilizado na Internet, etc. (Gil, 2017).

Ainda, realizou-se uma pesquisa de campo, na tentativa de traduzir o domínio teórico para o domínio empírico, obtendo maiores informações sobre o problema abordado e descobrindo relações sobre os fenômenos estudados (Marconi; Lakatos, 2017; Rocha *et al.*, 2017). Nessa etapa empírica, buscou-se avaliar o nível de incorporação das práticas de ensino e determinar sua priorização para o currículo dos cursos de EP do Brasil.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados nessa etapa foram o questionário, aplicado com o intuito de extrair conclusões acerca dessa amostra (Silva; Menezes, 2005; Miguel *et al.*, 2012) e entrevistas, visando complementar os dados e obter informações dos entrevistados acerca do assunto estudado (Marconi; Lakatos, 2017). Dessa forma, os coordenadores dos cursos de EP no Brasil foram contactados para se obter um panorama inicial acerca do nível de incorporação das práticas de ensino para inserir a sustentabilidade nos cursos de EP e avaliar a relevância dessas práticas para o currículo desses cursos.

Em se tratando do enfoque da pesquisa, conforme preconiza a ABEPRO (2024), o trabalho se enquadra nas áreas de Engenharia de Sustentabilidade e Educação em Engenharia de Produção. A primeira, trata do planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais nos sistemas produtivos diversos, da destinação e tratamento dos resíduos e efluentes destes sistemas, na subárea de Desenvolvimento Sustentável; a segunda aborda a inserção da educação superior em engenharia, a partir de uma abordagem sistêmica englobando a gestão dos sistemas educacionais em todos os seus aspectos. A Figura 1 resume a classificação completa da presente pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NO BRASIL

A consolidação da EP no Brasil é marcada pelo significativo aumento de seus cursos de graduação. O primeiro curso de graduação foi criado na Escola Politécnica da USP em 1957 (Santos, 2008). Seu expoente foi o Prof. Ruy Aguiar da Silva Leme, que propôs um curso de extensão, em 1955, envolvendo as disciplinas “Engenharia de Produção” e “Complementos de Organização Industrial” (Melo, 2017). Desse modo, com este ato do professor Leme, a data de nascimento da EP no Brasil pode ser considerada como abril de 1955. A partir de 1959, o Professor Leme propôs o curso de engenharia mecânica para formar engenheiros com um perfil mais gerencial, com duas opções: projeto e produção, nascendo assim o primeiro curso de EP do país, ofertado como uma opção do curso de engenharia mecânica da USP, tendo sua primeira turma com 12 estudantes (ABEPRO, 2010; Melo, 2017; Bittencourt; Viali; Beltrame, 2010).

A Produção, como opção da Engenharia Mecânica da Poli/USP, perdurou até 1970, e em 27 de novembro de 1970, a Congregação da Escola Politécnica da USP aprovou a criação de uma graduação autônoma em EP, passando a ser reconhecido em agosto de 1976, por meio

do decreto nº 78.319, tornando-se novamente pioneira ao criar o primeiro curso de EP “plena” do país (ABEPRO, 2010). Ainda na década de 70, foi criado o curso de EP plena na UFRJ (Oliveira *et al.*, 2013).

Como mencionado, no Brasil, existem dois tipos de cursos na área: os cursos ditos plenos e cursos concebidos como habilitações específicas de um dos ramos tradicionais da Engenharia. Os cursos do primeiro tipo concentram quase toda a sua carga horária profissionalizante no estudo dos sistemas de produção, enquanto os do segundo tipo dividem essa carga entre esse estudo e o dos sistemas técnicos - normalmente, priorizando este último por larga margem (Cunha, 2002). Há uma tendência para escolha da EP “plena”, aspecto que é justificado pela proposta dessa modalidade em formar profissionais com um currículo mais abrangente, atributo demasiadamente valorizado no mercado de trabalho atual (Melo, 2017).

Oliveira *et al.* (2013) evidenciam que quando comparada a cursos de engenharia tradicionais, como mecânica, civil e elétrica, a EP destaca-se no quantitativo de cursos, o que pode ser explicado devido a real necessidade das organizações em melhorar a qualidade dos produtos e manter a competitividade entre seus concorrentes, especificidades que são atendidas pelo curso de EP. Corroborando com isso, Tonon, Matsuura e Junior (2022) afirmaram que desde seu surgimento, fica evidente o crescimento do número de cursos de EP ofertados no Brasil, o que foi causado pela alta demanda do mercado de trabalho por profissionais capacitados a solucionar problemas, organizar ambientes produtivos e otimizar processos, com base nos conhecimentos de gestão adquiridos ao longo da formação.

Em 1980, 1997 e 2005, existiam, respectivamente, 18, 37 e aproximadamente 200 cursos de graduação (Santos, 2008). Assim, a EP começava a se difundir gradativamente no cenário brasileiro, com crescimento acentuado na quantidade de cursos no Brasil, principalmente a partir da década de 90 (Melo, 2017).

A partir dos anos 2000, houve um crescimento exponencial na oferta de novos cursos de EP no Brasil em consequência de planos governamentais para o estímulo da formação de engenheiros em maior quantidade e qualidade (Bento, 2022). Bento (2022) ainda ressalta que, a partir da segunda metade da década passada, o ritmo de criação de novos cursos de EP com Educação à Distância (EaD) cresceu consideravelmente, atingindo entre 2017 e 2019 uma taxa de um novo curso criado a cada mês.

Com o objetivo de obter uma melhor caracterização dos cursos de graduação em EP foi realizada uma busca no site do sistema de regulação do ensino superior (e-MEC, 2024), no Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior, que consiste numa base de dados oficial dos cursos e Instituições de Educação Superior. A consulta ocorreu no dia 06 de

fevereiro de 2024, mediante pesquisa por nome do curso “Engenharia de Produção”. Os resultados da busca foram classificados como oferecidos por IES públicas ou privadas, por região geográfica e por tipo, dentre outros quesitos, apresentados a seguir. Atualizações e mais detalhes podem ser vistos em (e-MEC, 2024), disponível no link: <https://emec.mec.gov.br/>.

De acordo com o e-MEC (2024), há no Brasil um total de 1391 cursos de EP, incluído cursos de EP plena e EP com habilitações diversas. Desses 1391 cursos, 986 estão em atividade, 108 estão em processo de extinção e 297 estão extintos. As EPs com habilitações específicas são: EP Mecânica, EP Civil, EP Elétrica, EP Química, EP e Qualidade, EP e Sistemas e EP agroindustrial. Ressalta-se que a maioria dos cursos são de EP plena, sendo um total de 1342. O curso com habilitação com maior número é o de EP Mecânica, com 36 cursos no país. A Tabela 1 expõe a distribuição dos cursos ditos plenos e aqueles com habilitações, mostrando o nome e quantitativo de cursos.

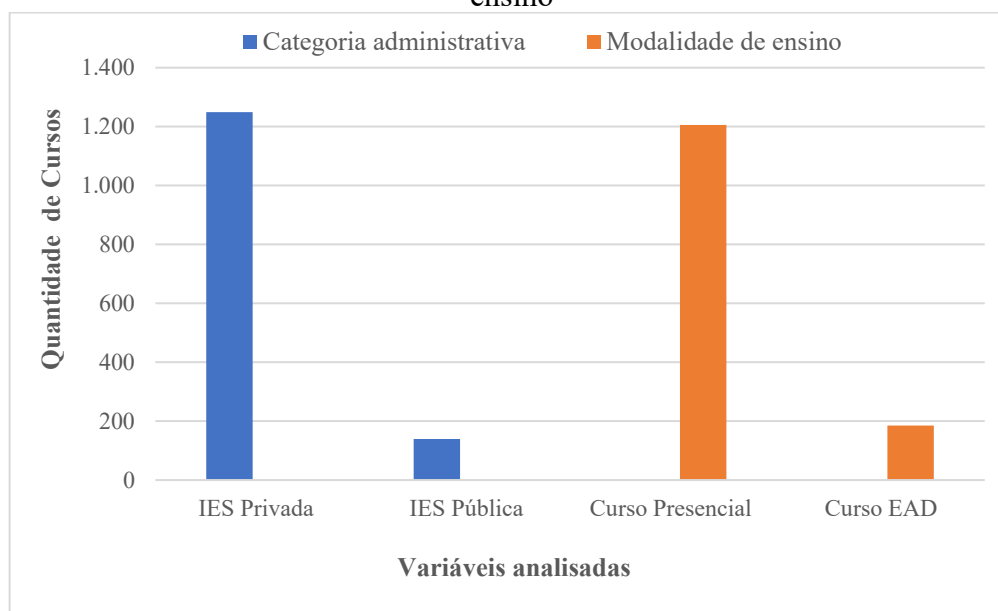
Tabela 1 - Distribuição dos cursos de EP plenos e com habilitações

NOME DO CURSO	QUANTIDADE
EP PLENA	1.342
EP AGRO	3
EP CIVIL	5
EP MECÂNICA	36
EP QUÍMICA	2
EP ELÉTRICA	1
EP E SISTEMAS	1
EP E QUALIDADE	1

Fonte: Elaborado pelo autor baseado no e-Mec (2024).

Em se tratando da categoria administrativa, a grande maioria dos cursos pertence a universidades privadas (1249 no total), enquanto existem 139 cursos pertencentes a universidades públicas (ver Gráfico 1), e ainda, três dessas universidades foram classificadas pelo e-Mec como especiais. No que diz respeito a modalidade de ensino, há um total de 1206 cursos presenciais, o que corresponde a 86,7% dos cursos; enquanto que 185 cursos são ofertados na modalidade à distância, correspondendo a 13,3% do total de cursos no Brasil (ver Gráfico 1).

Gráfico 1 - Distribuição dos cursos de EP por Categoria administrativa e Modalidade de ensino



Fonte: Elaborado pelo autor baseado no e-Mec (2024).

De uma maneira geral, até 2015 ocorreu crescimento anual no número de discentes nos cursos de EP. A partir de 2019 o número de cursos presenciais em atividade apresentou decréscimo. No entanto, vale mencionar que na modalidade EaD houve um crescimento significativo a partir da segunda década deste século (Oliveira; Júnior; Fava, 2023).

2.3 ETAPAS DA PESQUISA

Para este estudo foram utilizados dois métodos que embasaram as etapas da pesquisa. A utilização dos dois métodos de pesquisa tem como intuito assegurar que o problema investigado será analisado a partir de uma perspectiva ampla, com vistas a obter uma compreensão mais completa do tema abordado.

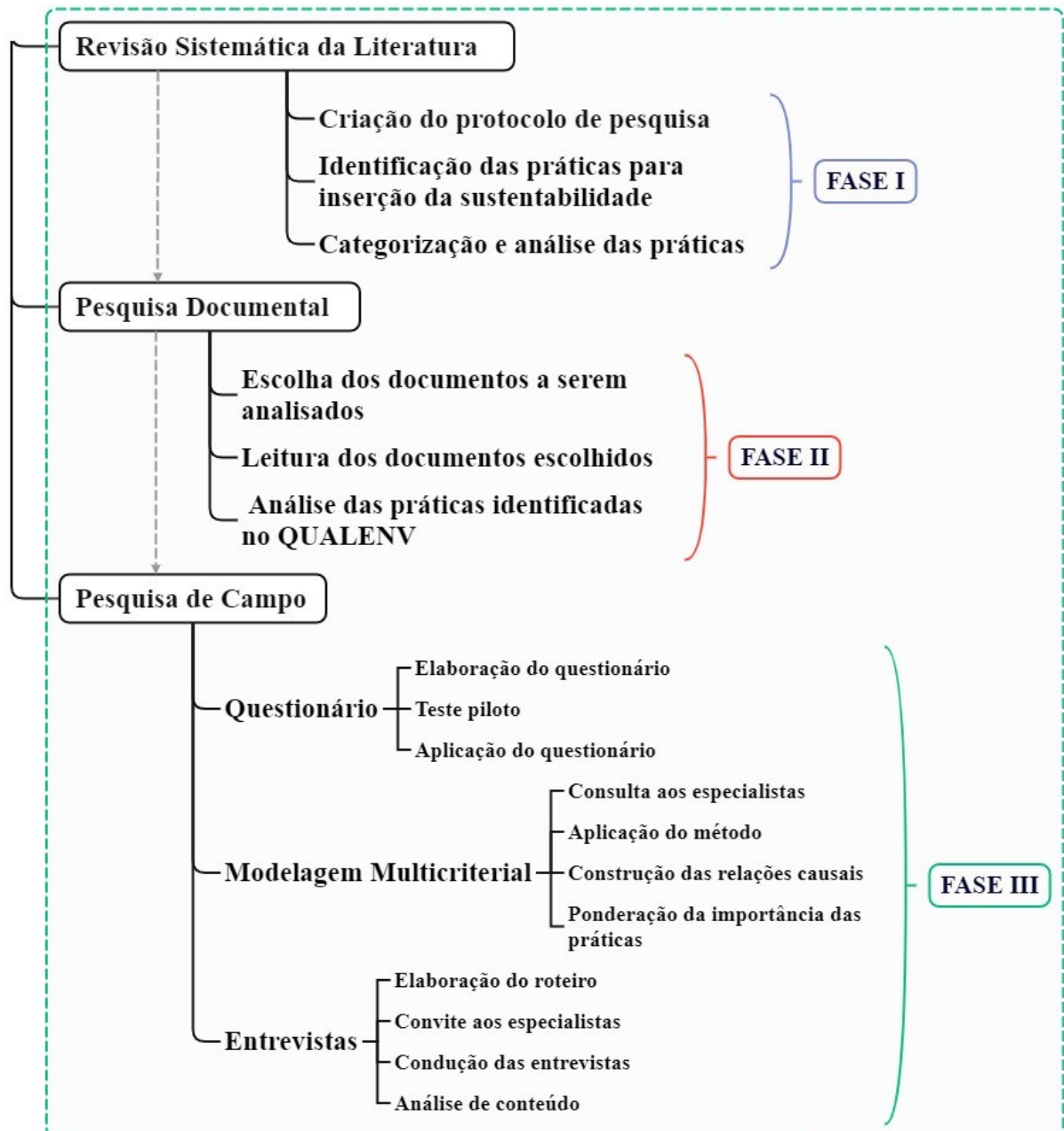
Na primeira e segunda fase foi realizada uma análise teórico-conceitual, baseado em uma revisão sistemática da literatura (RSL) e uma pesquisa documental. A Fase 1, referente à RSL, foi responsável pela proposição das principais construções teóricas do trabalho, identificando as principais práticas para inserção da sustentabilidade no currículo da engenharia, presentes na literatura científica. A Fase 2, que diz respeito à pesquisa documental, buscou confirmar as construções da Fase 1 e expandir os resultados encontrados.

A terceira fase refere-se à etapa empírica do estudo, desenvolvida por meio de uma pesquisa de campo. Na Fase 3, realizou-se uma avaliação empírica das construções teóricas

desenvolvidas, permitindo que esses aspectos fossem analisados à luz do curso de engenharia escolhido. Além disso, buscou-se ter maior aprofundamento nos resultados por meio da aplicação de uma modelagem multicritério.

Assim, as etapas da pesquisa foram divididas em três fases: Revisão Sistemática da Literatura, Pesquisa Documental e Pesquisa de campo. A sequência das atividades em cada uma das fases da pesquisa é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Fases da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na Figura 2, a Fase 1 foi conduzida com base em uma RSL para identificar as principais práticas de ensino para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia, presentes na literatura científica. Esta etapa lançou os fundamentos sobre as iniciativas adotadas por IES do mundo para inserir a sustentabilidade na educação em engenharia.

A Fase 2, por sua vez, foi conduzida a partir de uma pesquisa documental para elencar as práticas adotadas por universidades que compõem o consórcio QUALENV. Esta análise foi realizada após a conclusão da Fase 1, com o intuito de ratificar as práticas encontradas à luz das construções teóricas desenvolvidas na Fase 1 e avaliar se existiam outras práticas no âmbito do consórcio. Cabe ressaltar que a Fase 2 constituiu uma etapa importante da pesquisa pois auxiliou na análise, avaliação e sustentação das práticas para inserir a sustentabilidade no currículo do ensino superior.

Posteriormente, foi desenvolvida a Fase 3, que corresponde à etapa empírica conduzida por meio de uma pesquisa de campo, permitindo avaliar o nível de incorporação das práticas para o ensino da sustentabilidade no currículo nos cursos de EP do Brasil. Essa etapa foi importante por prover a compreensão sobre como os cursos de EP estão inserindo a temática da sustentabilidade, no contexto brasileiro.

Ademais, a Fase 3 também teve como objetivo mensurar o grau de importância e inter-relação entre as práticas elencadas nas Fases 1 e 2. Para tanto, fez-se uso de uma modelagem multicritério para determinar quais práticas são mais prioritárias para os cursos de EP no Brasil. Esta fase também foi importante para legitimar a contribuição prática das construções teóricas das Fases 1 e 2 desta pesquisa.

A seguir, são detalhadas cada uma das Fases da pesquisa, evidenciando as principais atividades realizadas para a condução do estudo, bem como descrevendo as técnicas de coleta e análise de dados utilizadas para a concretização de cada uma das fases da pesquisa.

2.4 FASE 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para condução da Fase 1 da pesquisa, foram selecionadas técnicas para coleta e análise de dados que auxiliassem no alcance do objetivo desta fase. Essa fase do estudo foi direcionada à análise da literatura, a fim de aprofundar o assunto e fundamentar o conhecimento sobre sustentabilidade no currículo das IES, analisando as diferentes ênfases dos estudos e reconhecendo a pertinência da temática. Para isso, foi elaborada uma Revisão sistemática de Literatura (RSL).

A RSL teve como foco a sustentabilidade no ensino superior, buscando identificar e sintetizar temas-chave que surgiram em publicações científicas internacionais e nacionais. Dessa forma, nessa fase da pesquisa, buscou-se identificar práticas de ensino para melhoria da educação em sustentabilidade implementadas no currículo dos cursos dessas IES. Nessa etapa, a análise bibliográfica foi contínua durante toda a pesquisa, a fim de ampliar a visão sobre questões identificadas ao longo do trabalho e para manter-se atualizado em relação a outras pesquisas. Ademais, os resultados desta revisão embasaram o referencial teórico dessa dissertação e a identificação das lacunas abordadas no estudo.

2.4.1 Coleta de dados da Fase 1

Para seleção e análise das publicações relacionadas ao tema, foram adotados e adaptados os procedimentos metodológicos sugeridos por Ermel *et al.* (2021), que consiste nas seguintes fases: (i) planejamento da revisão; (ii) condução da revisão; (iii) extração de dados; (iv) análise das publicações; e (v) elaboração dos resultados. O planejamento visou preparar uma proposta de revisão, bem como desenvolver um *checklist* para guiar a condução da mesma. As etapas da Revisão foram baseadas no *checklist* do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que apresenta um protocolo com uma série de conceitos e práticas avançadas para elaboração de uma revisão sistemática (Moher *et al.*, 2009).

A fim de nortear a RSL e identificar na literatura vigente informações que dessem suporte para melhor entender o fenômeno em estudo, três questões de revisão (QR) foram levantadas visando cumprir o objetivo proposto de buscar ideias e lacunas sobre a implementação de práticas de ensino, alinhadas aos ODS, adotadas no currículo dos cursos das IES:

QR1. Quais as principais iniciativas encontradas na literatura para integrar a sustentabilidade no currículo das IES?

QR2. Quais são as principais práticas para inserir a sustentabilidade e os ODS nos currículos dos cursos de Engenharia?

QR3. Como essas práticas podem ser implementadas para auxiliar na melhoria da EDS no contexto dos cursos de engenharia no Brasil?

A QR1 buscou encontrar e listar as principais iniciativas promovidas dentro das IES para integrar a sustentabilidade em suas práticas de ensino encontradas na literatura, identificando práticas adotadas pelas universidades no esforço de inserir a sustentabilidade em tais instituições. A QR2 se propôs a detectar as principais práticas para inserir a sustentabilidade, no âmbito dos ODS, nos currículos dos cursos de Engenharia, com a finalidade

de constatar as que podem ser adotadas no contexto estudado. A QR3 buscou determinar de que forma essas práticas podem ser implementadas de modo que sejam criados programas para melhoria na EDS em cursos de engenharia.

Desse modo, as questões de pesquisa buscaram identificar e listar as principais iniciativas promovidas para inserção de práticas de ensino para inserção da sustentabilidade que estão alinhadas com os ODS, selecionando os artigos que tinham alinhamento com o tema de pesquisa nas bases de dados escolhidas.

Para busca dos artigos, escolheu-se três eixos de pesquisa: “currículo de engenharia”, “práticas de sustentabilidade” e “ensino superior”. O primeiro eixo, “currículo de engenharia”, refere-se ao problema/população abordado; o segundo, “práticas de sustentabilidade”, diz respeito a questão de estudo principal a ser examinada; o terceiro eixo, “ensino superior”, trata do setor onde se deseja identificar aplicações e práticas relacionados ao problema citado.

Para a escolha das palavras-chave, no eixo “currículo de engenharia”, utilizou-se “*production engineering*”, “*industrial engineering*”, “*engineering curricul**”, “*engineering courses*”, “*engineering programs*”, “*engineering education*”. Para o eixo “práticas de sustentabilidade”, utilizou-se “*sustainability*”, “*sustainable development*”, “*Education for Sustainable Development*”, “*sustain* practic**”, “*sustainable development goals*”, “*SDG*”, “*2030 agenda*”. Enquanto para o eixo “ensino superior” utilizou-se “*higher education*” OR “*Universit**”. As *strings* utilizadas nas buscas foram o “AND” e “OR”. O Quadro 1 mostra os eixos de pesquisa escolhidos e as palavras-chave utilizadas.

Quadro 1– Eixos e palavras-chave

Eixo 1 – Currículo de engenharia	Eixo 2 – Práticas de sustentabilidade	Eixo 3 – Ensino superior
<i>“Production engineering” OR “industrial engineering” OR “Engineering curricul*” OR “engineering courses” OR “engineering programs” OR “engineering education”</i>	<i>“sustainability” OR “Sustainable development” OR “Education for Sustainable Development” OR “sustain* practic*” OR “sustainable development goals” OR “SDG” OR “2030 agenda”</i>	<i>“Higher education” OR “Universit*”</i>
Expressão de Busca		
<i>((“production engineering” OR “industrial engineering” OR “engineering curricul*” OR “engineering courses” OR “engineering programs” OR “engineering education”) AND (“sustainability” OR “sustainable development” OR “Education for Sustainable Development” OR “sustain* practic*” OR “sustainable development goals” OR “SDG” OR “2030 agenda”) AND (“higher education” OR “Universit*”))</i>		

Fonte: Elaborado pelo autor.

As buscas foram realizadas em duas bases de dados: *Web of Science* (WoS) e *Scopus*. A inclusão dessas bases de dados se dá devido à sua ampla cobertura e relevância como fonte de publicações internacionais, sendo estas as duas bases de dados tradicionalmente mais utilizadas para revisões de literatura e análises bibliométricas (Singh *et al.*, 2021). Além disso, ambas as bases são internacionalmente conhecidas e amplamente utilizadas por pesquisadores de diferentes níveis e áreas de formação acadêmica.

Não foram utilizadas restrição de período temporal na seleção dos artigos, uma vez que a temática é relativamente recente, sendo oportuno para a pesquisa abarcar toda a evolução da literatura que aborda o tema. Desse modo, foram incluídos os artigos publicados até dezembro de 2022. Nenhum limite na área de assunto foi aplicado para refletir a natureza multidisciplinar do ensino de engenharia. Os softwares Mendeley® e Rayyan® foram utilizados para sistematizar o grande volume de informações e facilitar a composição do portfólio final, auxiliando na exclusão dos artigos e selecionando aqueles que atendiam às questões de pesquisa previamente definidas. Os critérios de inclusão e exclusão aplicados são descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de inclusão e exclusão para a revisão sistemática.

Inclusão	Exclusão
I1. Artigo publicado em periódico revisado por pares	E1. Artigos duplicados
I2. Publicado somente em Inglês	E2. Periódico sem revisão por pares, artigos de conferências, capítulos de livros, sites e estudos não concluídos ou antecipados
I3. Os estudos devem ser artigos concluídos	E3. Artigos sem disponibilidade de acesso
I4. Estudos que abordam uma relação estrita com o foco do artigo	E4. Estudos que não abordem práticas para inserir a sustentabilidade nos currículos, cujo foco não esteja alinhado com o escopo da pesquisa
I5. Artigos disponíveis para leitura integral	E5. Estudos que não tratem dos cursos de engenharia

Fonte: Elaborado pelo autor.

O procedimento de busca mapeou um total de 2441 artigos distribuídos entre as duas bases científicas, sendo 1873 artigos encontrados na *Scopus* e 568 foram obtidos na *Web of Science*. O alto número de artigos é explicado, pois ao buscar ser mais abrangente e captar um escopo representativo com maior número possível de estudos relacionado ao tema, utilizou-se palavras-chave com termos multidisciplinares, abordados por diversas áreas do conhecimento e bastante empregados atualmente, tais como “sustentabilidade” e “objetivos de desenvolvimento sustentável”, o que aumenta significativamente o número de trabalhos.

Após aplicação dos filtros de inclusão I1, I2 e I3 nas bases, obteve-se um total de 722 artigos, distribuídos em 436 na *Scopus* e 286 na *Web of Science*. Destes, 542 foram considerados após a remoção dos documentos duplicados. Assim, foi realizada uma análise desses textos, ocupando-se da identificação e seleção dos textos em conformidade com as questões de pesquisa levantadas e os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

A partir da leitura dos títulos e resumos, foram rejeitados 444 artigos que não estavam de acordo com a temática, excluindo estudos aparentemente não relacionados, ou seja, artigos não relacionados à sustentabilidade no ensino superior e currículo de engenharia, resultando em um total de 98 artigos que abordavam o tema. O alto número de artigos não relacionados justifica-se, pois não foram aplicadas limitações na área temática e, quando aplicados na área, muitos estudos abordaram outras temáticas e se concentraram apenas de modo periférico sobre educação para sustentabilidade no ensino superior, não tratando sobre a inserção de práticas de ensino no currículo dos cursos de engenharia. Quantos aos artigos analisados, buscou-se priorizar estudos empíricos que forneciam exemplos da aplicação de práticas em casos reais, compartilhando experiências da incorporação da sustentabilidade no ensino, conforme critérios de elegibilidade descritos. O processo de triagem completo é detalhado na Tabela 2.

Após leitura completa e inspeccional dos 98 artigos selecionados, foi estabelecido o portfólio final de artigos que se mostraram aderentes ao tema. Desse modo, após essa etapa, foram selecionados e avaliados um total de 48 artigos integralmente, que compuseram o portfólio bibliográfico selecionado visando identificar as principais práticas para incorporação da sustentabilidade, aplicadas no currículo dos cursos de Engenharia. O Apêndice A apresenta o portfólio bibliográfico completo incluindo dados das publicações.

Tabela 2 - Resumo do procedimento de triagem.

	Número de artigos selecionados		Critérios de Inclusão/Exclusão
	Scopus	Web of science	
Artigos localizados - 1º busca	1.873	568	I1; I2; e I3 E2
Artigos após aplicação dos filtros nas bases	436	286	I1; I2; e I3 E2
Artigos após remoção das duplicatas	542		I4 E3; E4; e E5
Artigos selecionados para leitura completa, após leitura do título, resumo e palavras-chave	98		
Portfólio final de artigos	48		

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.2 Análise de dados da Fase 1

Para análise das publicações do conjunto final de artigos foi realizada análise de conteúdo, que de acordo com Harkonen, Haapasalo e Hanninen (2015) é uma técnica de análise de dados adequada para revisões sistemáticas de literatura.

Para condução desta análise de conteúdo foram definidas as unidades de registro e as regras de enumeração de acordo com Bardin (2011). A unidade de registro diz respeito ao fragmento de conteúdo que é codificada a fim de permitir a posterior codificação e eventuais contagens. A unidade de contexto é uma unidade de compreensão utilizada para codificar a unidade de registro visando seu correto significado. A regra de enumeração refere-se ao modo de contagem utilizado para realização de determinada análise (Bardin, 2011).

Neste estudo, a unidade de registro adotada foi o tema, o que permitiu que os estudos fossem codificados com base nas afirmações presentes no texto que se referiam às práticas para inserção da sustentabilidade nas IES. A unidade de contexto selecionada foi o parágrafo ou a frase, permitindo a identificação de informações de um modo mais robusto e completo. A regra de enumeração escolhida foi a intensidade, identificando nos estudos o nível de profundidade no qual as práticas para a inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia eram abordadas.

A fim de garantir uma análise mais precisa, reduzindo a subjetividade da investigação e assegurando uma categorização apropriada daquilo que foi observado nos estudos, alguns critérios foram estabelecidos. Primeiro, considerou-se como prática uma ação ou conjunto de ações que resulta na aplicação de certos conhecimentos, isto é, a utilização de técnicas, procedimentos ou atividades com desdobramentos voltados à ação. Logo, para este estudo, o termo prática pressupõe o estabelecimento de ações que promovem a incorporação da sustentabilidade no currículo dos cursos.

Com o intuito de verificar quais artigos apresentaram quais práticas, identificando também qual a intensidade, determinou-se que seriam categorizadas somente as práticas que fossem (i) mencionadas, (ii) descritas ou (iii) discutidas no portfólio de artigos analisados. A lógica adotada como critério é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios para categorização das práticas

Critério	Descrição dos aspectos considerados na análise	Requisito
Ignorada	A prática não é abordada no texto.	O estudo é desconsiderado
Mencionada	A prática é apenas mencionada, não sendo dada nenhuma explicação sobre como é aplicada.	Citação mínima de 05 estudos

Critério	Descrição dos aspectos considerados na análise	Requisito
Descrita	A prática é mencionada e há uma breve descrição de como ela é aplicada.	Citação mínima de 03 estudos
Discutida	A prática é explicada de modo abrangente e há uma extensa discussão sobre como ela foi aplicada.	Citação mínima de 02 estudos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, as práticas foram sendo identificadas à medida que os artigos do portfólio final eram lidos. Em seguida, as práticas foram sendo mapeadas e inicialmente listadas. Cada prática mencionada por algum autor era anotada para posterior análise. Todas as práticas que foram mencionadas em algum estudo, seja diretamente ou mediante citações baseadas noutros estudos, foram anotadas para posterior análise, levando em consideração as questões de revisão e os critérios propostos. Esse procedimento auxiliou numa melhor compreensão dos textos selecionados e identificação prévia das práticas adotadas.

A partir dessa primeira categorização, foram listadas 10 práticas. No entanto, a partir de posterior análise, percebeu-se que algumas dessas práticas podiam ser categorizadas uniformemente. Desse modo, foi realizada uma segunda análise do portfólio. O objetivo dessa segunda leitura foi refinar as práticas que tinham sido inicialmente listadas. Como as práticas foram adotadas por diferentes autores, em diferentes estudos, muitas práticas semelhantes eram cognominadas e descritas de modos diferentes. Por isso, buscou-se identificar essas semelhanças e categorizar essas práticas em um mesmo *cluster*.

A razão para essa redução de categorias ocorre porque muitos autores tratavam de práticas muito semelhantes em seus estudos, utilizando-se, no entanto, nomenclaturas, termos e ênfases distintos. Desse modo, visando melhor organização dessas práticas bem como uma maior adequação e facilidade na aplicação das etapas empíricas desse estudo, três desses *clusters* de práticas foram agrupados dentro de outros existentes, uma vez que eram sinônimos.

As práticas identificadas nessa situação foram: “ações de ensino transversais e interdisciplinares para incorporação da sustentabilidade”, “implantação de um curso especializado sobre o DS” e “aprendizagem-serviço”. “Ações de ensino transversais e interdisciplinares para incorporação da sustentabilidade” foi incorporada na categoria “Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo”, uma vez que a transdisciplinaridade enfatiza a necessidade da interdisciplinaridade e é geralmente vista como uma variação desta, indo além ao exigir que as interações curriculares transpassem a academia e inclua a comunidade externa. Além disso, ações transdisciplinares pressupõe a transversalidade.

A categoria “implantação de um curso especializado sobre o DS” foi agregada em “Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade”, em virtude de ser um curso preparatório para o ensino da sustentabilidade, diferindo apenas nas ênfases dadas, sendo o primeiro um curso introdutório básico para os alunos durante a graduação e o segundo um curso mais aprofundado, para alunos que desejam se especializar na área. Por fim, a categoria da “Aprendizagem-serviço” foi agrupada em “Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade”, uma vez que se trata de uma metodologia ativa onde o foco é o aprendizado de conhecimentos por meio da realização de atividades práticas de serviço à comunidade.

Assim, as práticas foram sintetizadas em 7 *clusters*. A partir disso, foi elaborada uma descrição de cada prática modo a tornar claro no que consiste cada uma. Essa definição foi retirada dos próprios estudos, unindo os conceitos e formulando as definições, conforme achou-se mais adequado. Vale lembrar que os critérios para elencar essas práticas na listagem final foram descritos no Quadro 3. Tais requisitos foram adotados arbitrariamente, com o intuito de refinar as práticas e elencar apenas aquelas que encontram respaldo na literatura científica.

Desse modo, após criar as categorias de práticas e descrevê-las detalhadamente, foi realizada uma última análise visando relacioná-las aos estudos do portfólio. Desse modo, cada autor que i) mencionou a utilização dessas práticas dentro dos cursos de engenharia; ii) descreveu como elas foram incorporadas ou iii) discutiu-se de como elas foram inseridas no currículo dos cursos, foi identificado e citado na referida categorização. No Quadro 11 são apresentados os resultados da RSL e pode ser visto o resumo dessas práticas bem como uma breve descrição delas.

Vale destacar que, nessa etapa, cada uma das práticas foi analisada em cada documento a fim de garantir uniformidade na análise e reduzir o viés na categorização. Assim, o primeiro *cluster* de práticas foi analisado em todos os documentos do portfólio, posteriormente o segundo *cluster* em todos os estudos novamente, e assim sucessivamente, até chegar no sétimo *cluster* de práticas.

Uma vez concluída a análise de conteúdo, foi possível extrair conclusões a partir do portfólio analisado e elencar as principais práticas utilizadas pelas IES para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia.

Ademais, a finalização da RSL possibilitou a construção de todo o arcabouço teórico, fomentando o aprofundamento das práticas para a incorporação da sustentabilidade que estão sendo adotadas dentro do currículo da engenharia. Em síntese, o Quadro 4 estabelece um resumo sobre todos os procedimentos adotados para construção da RSL.

Quadro 4- Síntese da etapa de Revisão

Questão de pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Quais práticas para inserção da sustentabilidade, alinhadas aos ODS, podem ser adotadas nos currículos dos cursos de Engenharia?
Base de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Scopus • Web of science
Termos de busca	<ul style="list-style-type: none"> • (“production engineering” OR “industrial engineering” OR “engineering curricul*” OR “engineering courses” OR “engineering programs” OR “engineering education”) AND (“sustainability” OR “sustainable development” OR “Education for Sustainable Development” OR “sustain* practic*” OR “sustainable development goals” OR “SDG” OR “2030 agenda”) AND (“higher education” OR “Universit*”))
Seleção inicial dos artigos	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura do título, resumo e palavras-chave
Portfólio de artigos final	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção dos artigos após leitura completa dos artigos
Análise do conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> • Categorização das práticas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da concretização da Fase 1 foi possível realizar um mapeamento geral dessas práticas de ensino na literatura, elencando-as para posterior análise junto aos documentos do consórcio QUALENV, descrita na Fase 2. A seção 2.5 expõe a análise documental, com o intuito de identificar quais práticas de ensino para inserção da sustentabilidade no currículo foram adotadas pelas universidades que fazem parte do QUALENV.

2.5 FASE 2 – PESQUISA DOCUMENTAL

Para condução da Fase 2 da pesquisa, foram selecionadas técnicas para coleta e análise de dados que auxiliassem no alcance do objetivo desta fase. A seguir é fornecida uma breve descrição acerca do consórcio QUALENV, objeto de coleta de dados dessa etapa, e em seguida são apresentadas as técnicas de coleta e análise dos dados utilizados na Fase 2.

2.5.1 Caracterização do Consórcio QUALENV¹

¹ Todas as informações desse sub tópico foram retiradas de QUALEN (2020), documento particular do projeto disponibilizado aos membros via *google drive*. Algumas dessas informações também foram disponibilizadas em: <https://qualenv.ucr.ac.cr/>.

O QUALENV caracteriza-se como um consórcio, cognominado como “*Change the Climate: Assuring the Quality of Environmental Strategies in Latin-American Higher Education*” (Mudar o clima: garantindo a qualidade das estratégias ambientais na educação superior latino-americana), criado pelo Programa Erasmus+, um programa da UE nos domínios da educação, com a participação de outras 14 IES de diferentes países e continentes. A seguir, o Quadro 5 fornece um resumo das IES parceiras e seus respectivos países.

Quadro 5 - Instituições parceiras do consórcio QUALENV

Instituição Parceira	País
Instituto universitário de Lisboa (ISCTE) – (coordenador)	Portugal
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) – (coordenador)	Brasil
Universidad Del Norte (UNINORTE)	Colômbia
Universidad de La Sabana (UNISABANA)	Colômbia
Universidad de Costa Rica (UCR)	Costa Rica
Universidad Nacional de Costa Rica (UNA)	Costa Rica
Universidad de Lima (ULIMA)	Peru
Universidad del Pacífico (UP)	Peru
Universidad de Guadalajara (UDG)	México
Beneméira Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)	México
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Brasil
Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)	Brasil
Politecnico di Torino (POLITO)	Itália
Universidade de Gotemburgo (GU)	Suécia

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em QUALENV (2020).

O projeto atendeu a três necessidades principais: 1) gestão ambiental em todos os níveis das atividades de ensino superior; 2) integração da gestão ambiental com estratégias de sustentabilidade e 3) gestão da qualidade institucional e estratégias personalizadas para a sustentabilidade na educação (QUALENV, 2020).

O principal objetivo do projeto foi aumentar a contribuição das Universidades Latino-Americanas para o DS, por meio da implementação de práticas ambientais sistemáticas e processos de qualidade em alinhamento com os ODS da ONU, aprimorando a gestão e as operações das instituições de ensino superior (QUALENV, 2020).

Em resumo, pode-se dizer que o QUALENV buscou:

- 1- Instalar processos e mecanismos holísticos de garantia de qualidade relacionados à sustentabilidade por meio de sistemas de gestão ambiental em alinhamento com os ODS da ONU nas universidades parceiras;

- 2- Melhorar a educação para a sustentabilidade em cada universidade parceira por meio do desenvolvimento de estratégias educacionais customizadas e recursos educacionais inovadores alinhados aos ODS da ONU;
- 3- Reduzir o impacto ambiental das instituições parceiras em áreas relevantes, selecionadas por meio da melhoria da gestão e das operações;
- 4- Estabelecer uma rede europeia e latino-americana de *campi* e educação sustentáveis, promovendo o progresso futuro e a melhoria contínua dos sistemas de gestão e recursos educacionais e estendendo os resultados do projeto a outras IES.

Dentre os problemas e necessidades comuns a todos os países parceiros, destaca-se a necessidade de desenvolver estratégias direcionadas para a sustentabilidade na educação, tanto para a conscientização da comunidade acadêmica quanto para o desenvolvimento e implementação de longo prazo de temas de sustentabilidade na educação por área científica e em nível de programa (QUALENV, 2020).

Assim, o projeto forneceu ferramentas e guias para análise de impacto ambiental e mapeamento de ODS nas operações do *campus* e atividades educacionais. A consciência da sustentabilidade foi avaliada em todas as comunidades acadêmicas e estratégias para a sustentabilidade no ensino superior foram desenvolvidas para a melhoria dos currículos (QUALENV, 2020).

Além disso, houve a transferência de experiências, aptidões e competências desenvolvidas pelas principais universidades europeias em sustentabilidade e gestão da qualidade, que serviram efetivamente para acelerar o progresso na implementação dos ODS nas universidades latino-americanas (QUALENV, 2020).

2.5.2 Coleta e análise de dados da Fase 2

Após a realização da RSL, foi realizada uma pesquisa documental a fim de expandir o conhecimento sobre quais são as principais práticas de ensino que as universidades estão adotando para a inserção dos conceitos de sustentabilidade no currículo dos cursos. De acordo com Bardin (2011), a análise documental caracteriza-se como um conjunto de operações que tem como finalidade representar o conteúdo de documentos de um modo conveniente e diferente do original, por meio de procedimentos de transformação. Dessa forma, a característica primordial da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos de fontes primárias que passam para um documento secundário (Bardin, 2011; Marconi; Lakatos, 2002).

Logo, o objetivo da Fase 2 foi identificar quais práticas para inserção da sustentabilidade listadas na Fase 1 estão presentes no consórcio QUALENV e foram adotadas pelas universidades parceiras. Tal análise foi relevante para identificar como as IES da UE e América Latina estão buscando incorporar a sustentabilidade no ensino e ratificar as categorias de práticas identificadas na RSL. Também buscou-se constatar se existiam outras práticas que foram adotadas no QUALENV e não foram identificadas na RSL.

Os dados selecionados como fonte de informação foram os documentos e relatórios técnicos produzidos no consórcio QUALENV. No âmbito do projeto, as atividades a serem desenvolvidas foram subdivididas em vários *work packages* (WP), conforme expõe o Quadro 6.

Quadro 6 - Atividades de trabalho desenvolvidas no Consórcio QUALENV

<i>Work packages</i> (WP)	Atividades desenvolvidas
WP 1: Oficinas de formação de equipe	1.1 Designar as pessoas responsáveis; 1.2 Reunião de lançamento; 1.3 Estabelecimento dos Comitês de Sustentabilidade. 1.4 Formação de equipe das universidades.
WP 2.1: Mapeamento e diagnóstico de atividades com impacto no meio ambiente e relacionadas aos ODS	2.1.1) Guia de impacto ambiental e mapeamento de ODS; 2.1.2) Relatório de auditorias ambientais; 2.1.3) Guia de pegada de carbono; 2.1.4) Revisão e análise dos resultados do diagnóstico.
WP 2.2 Sistema de Gestão Ambiental vinculado ao Sistema de Gestão da Qualidade em cada parceiro	2.2.1) Modelo básico do Sistema de Gestão Ambiental (SGA); 2.2.2) Plano de Ação para implementação do SGA; 2.2.3) Relatório sobre a implementação do Plano de Ação de SGA; 2.2.4) Guia do Índice de Sustentabilidade.
WP 2.3 Fortalecer a educação para Sustentabilidade	2.3.1) Selecionar equipes de sustentabilidade; 2.3.2) Aplicação da ferramenta de alfabetização Sustainability Literacy Test (SULITEST) ² ; 2.3.3) Desenvolvimento de estratégias direcionadas à sustentabilidade na educação; 2.3.4) Curso transversal aberto sobre sustentabilidade; 2.3.5) Recursos educacionais abertos.
WP 2.4 Desempenho e acompanhamento de auditorias	2.4.1) Treinamento de formação para auditores; 2.4.2) Auditoria Amigável.
WP 3.1 Avaliação e qualidade	3.1.1) Plano de Gestão da Qualidade; 3.1.2) Avaliação inicial;

² SULITEST é uma ferramenta online internacional que avalia a alfabetização básica em sustentabilidade por meio de um teste padronizado, e tem como missão melhorar a Alfabetização em Sustentabilidade em todo o mundo. A ferramenta é reconhecida internacionalmente pela ONU. Durante o projeto, foi disponibilizado às IES parceiras uma licença para utilização da ferramenta e aplicação do teste online.

<i>Work packages (WP)</i>	Atividades desenvolvidas
	3.1.3) Avaliação intermediária; 3.1.4) Relatório de avaliação final.
WP 4.1 Disseminação: plano, ferramentas e comunicação	4.1.1) Plano de Disseminação e Exploração; 4.1.2) Site e repositório aberto online; 4.1.3) Modelos para documentar procedimentos, estratégias e boas práticas; 4.1.4) Ferramentas de comunicação e visualização; 4.1.5) Manual de Sustentabilidade.
WP4.2 Exploração: divulgação	4.2.1) Workshops de compartilhamento dos resultados com os principais <i>stakeholders</i> ; 4.2.2) Compartilhamento dos resultados com organismos nacionais de acreditação; 4.2.3) Conferência final do projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em QUALENV (2020).

Para seleção dos documentos foi realizado um levantamento daqueles que se adequavam ao assunto. Como o projeto não se estendeu somente aos aspectos relacionados à sustentabilidade no ensino (concentrando-se também nas operações *de campus* e ações gerenciais), focou-se nos documentos relacionados às ações desenvolvidas no contexto da educação para sustentabilidade.

Por isso, fez-se uso predominantemente dos documentos elaborados na etapa de trabalho *work packages* (WP) 2.3 (ver Quadro 6), visto que os dados dessa fase apresentam conteúdos institucionais do projeto que trataram exclusivamente do desenvolvimento de estratégias educacionais personalizadas e recursos educacionais inovadores alinhados aos ODS, para melhorar a EDS em cada universidade parceira. Além destes, três documentos das outras etapas também foram analisados, haja vista que continham informações gerenciais sobre o projeto pertinentes e alinhadas ao objetivo da Fase 2. Arquivos que não estavam alinhados ao escopo deste trabalho foram descartados. Estes arquivos apresentavam informações relacionadas ao treinamento em sustentabilidade de funcionários e docentes, aspecto que não se relaciona com o escopo da pesquisa. Ainda, cabe ressaltar que alguns documentos que se enquadraram no arcabouço dessa análise foram elaborados ao longo do projeto, passando por atualizações, o que muitas vezes gerava várias versões do mesmo. Assim, devido ao número significativo de documentos disponíveis no repositório, apenas a versão final desses arquivos foi analisada.

Ao todo foram selecionados 42 arquivos, disponibilizados via *google drive* entre 2020 (início do projeto) até junho de 2023 (data da análise dos documentos). A composição dos arquivos varia entre apresentações do *Microsoft Power Point*, arquivos em *Word* e PDF, relatórios do Excel e materiais complementares como vídeos das reuniões, encontros e eventos realizados no âmbito do projeto. Esses dados estão disponibilizados aos membros participantes

do QUALENV, com acesso aberto a todos os conteúdos produzidos ao longo do projeto. Todos os arquivos analisados são de autoria dos próprios colaboradores do projeto, membros do QUALENV, pessoas que estão ligadas às universidades parceiras. Cada universidade participante foi responsável por elaborar os documentos exigidos no projeto por meio de seus colaboradores, de acordo com a realidade de cada instituição. Detalhes dos documentos disponibilizados no projeto e selecionados para análise documental encontram-se no Apêndice B.

A análise dos dados, por sua vez, foi conduzida por meio da análise de conteúdo. Esta análise foi realizada tendo como referência as relações existentes entre as práticas para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos, identificadas na RSL, e os documentos selecionados. A categorização das práticas que emergiu da RSL foi utilizada, pois o objetivo desta fase foi verificar se as práticas elencadas foram abordadas no currículo das IES integrantes do consórcio.

Assim, seguindo Bardin (2011), utilizou-se a análise temática como unidade de registro para análise dos documentos. A unidade de contexto foi o parágrafo, tendo em vista que fornecem informações mais completas. A regra de enumeração escolhida foi a presença, buscando identificar a presença (ou ausência) das práticas elencadas.

Desse modo, foi possível interpretar os dados e obter conclusões, apresentando quais práticas para incorporação da sustentabilidade no ensino foram desenvolvidas no QUALENV. Os resultados e discussões dessa Fase são apresentados na seção 4.1.2 e 5.1, respectivamente.

Após mapeamento das práticas na RSL e na análise documental do consórcio QUALENV, a Fase 3 apresenta a etapa empírica da pesquisa, com o intuito de verificar a opinião de especialistas acerca das práticas mapeadas e avaliar o nível de incorporação delas nos cursos de EP no Brasil, com base em sua proeminência e relações causais.

2.6 FASE 3 – PESQUISA DE CAMPO

Para condução da Fase 3 da pesquisa, foram selecionadas técnicas para coleta e análise de dados que auxiliassem no alcance do objetivo desta Fase.

A Fase 3 refere-se à etapa empírica do estudo, desenvolvida por meio de um questionário e entrevistas semiestruturadas, obtendo a percepção de especialistas para avaliar o nível de incorporação dessas práticas de ensino no currículo e determinar sua priorização para os cursos de EP do Brasil. Essa etapa foi importante por prover a compreensão sobre como as

diferentes IES estão inserindo a temática da sustentabilidade no currículo e obter respostas sobre o nível de influência e importância de cada prática para os cursos, no contexto brasileiro.

A razão da escolha do curso de EP em específico ocasionou-se em virtude desse curso apresentar certas particularidades que a distinguem das outras engenharias, uma vez que inclui os sistemas humanos e a utilização de conhecimentos das ciências sociais no rol de suas ações (Iarozinski Neto; Leite, 2010) e também, como mencionado, porque o profissional dessa área exerce atribuição indispensável nas questões de sustentabilidade. Além disso, o curso de EP possui relevância no Brasil, tendo em vista que é a engenharia que possui o segundo maior número de matriculados na rede pública e maior número de matrículas em cursos à distância, tanto na rede privada como pública (SEMESP, 2021).

Os coordenadores dos cursos de EP foram os especialistas intencional e previamente escolhidos, em virtude de possuírem competência acadêmica por serem docentes dos cursos e estarem a par das demandas curriculares dos respectivos cursos pelos quais são responsáveis.

As informações sobre os cursos de EP no Brasil foram obtidas no Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação (e-MEC, 2024), conforme citado anteriormente. Há 1.354 cursos no Brasil, e por consequência, foram priorizados os cursos com nota máxima na avaliação do Ministério da Educação (MEC), reduzindo a base empírica para 55 cursos. Essa nota é a pontuação de excelência que um curso atinge quando segue todos os critérios estabelecidos pelo órgão, atestando sua excelência e qualidade no ensino. Isso demonstra que estes cursos servem de referência para todos os demais do país e evidencia que possuem as práticas pedagógicas mais avançadas.

Ademais, a literatura científica tem apontado que universidades mais bem avaliadas, geralmente, promovem a integração da sustentabilidade no currículo, enquanto IES com baixa e média classificação tendem a não adotar práticas para inserção da sustentabilidade nos seus cursos (Arefin *et al.*, 2021). Assim sendo, os coordenadores dos cursos mais bem avaliados do Brasil foram convidados para participarem da pesquisa.

2.6.1 Coleta de dados da Fase 3

As técnicas de coleta de dados da Fase 3 foram divididas em duas etapas. Na primeira etapa foi desenvolvido um questionário a fim de verificar a opinião dos especialistas acerca do nível de incorporação e grau de influência das práticas mapeadas nas Fases 1 e 2. Após isso, foram realizadas entrevistas com os coordenadores dos cursos, com o propósito de sustentar, empiricamente, os resultados encontrados.

Inicialmente, o instrumento adotado para coletar os dados foi o questionário. Comumente utilizado em pesquisas de campo, é “um instrumento de registro formado por um conjunto de perguntas ordenadas cujas respostas o indivíduo que responde pode ler e preencher sem a presença do interessado” (Miguel *et al.*, 2012, p. 97). O questionário foi desenvolvido utilizando o *Google Forms*® e segregado em três seções.

A primeira seção contém perguntas para extrair informações acerca dos cursos de EP que os respondentes coordenam. A segunda seção aborda questões para identificar o nível da incorporação e relevância das práticas para os cursos de EP do Brasil. Na terceira seção, foram coletadas informações para avaliar o grau de influência e inter-relação das práticas.

Para testar a compreensibilidade e adequação do questionário, foi conduzido um teste piloto antes de aplica-lo junto aos especialistas. Marconi e Lakatos (2017) enfatizam a necessidade de um pré-teste ou teste piloto, apontando a importância desse procedimento para avaliar a relevância das perguntas para a pesquisa e, também, para corrigir possíveis dúvidas e/ou problemas que podem surgir durante o preenchimento do formulário.

O teste piloto para validação de face foi conduzido com dois professores doutores em EP por meio do compartilhamento da versão inicial do questionário, visando verificar se o questionário atendia aos objetivos do estudo, conforme recomendação da literatura (Forza, 2002). Correções e melhorias foram realizadas após este pré-teste, de modo que ele apresentasse elementos de fidedignidade, validade e operabilidade (Marconi; Lakatos, 2017).

O questionário inicia com uma apresentação do objetivo da pesquisa e o termo de consentimento livre e esclarecido. Após isso, questões referentes ao curso em que coordenam foram respondidas, como: localização, categoria administrativa da instituição, modalidade de ensino, ano de início de funcionamento e da última atualização do projeto político pedagógico do curso, turno de funcionamento e ênfase do curso.

Na seção seguinte, é fornecida uma breve descrição de cada prática de ensino elencada. Com isso, questiona-se se existem ações para incorporar a sustentabilidade nos cursos que coordenam, quais das práticas elencadas são aplicadas nos cursos, qual a relevância de cada prática, quais ODS são abordados no curso e qual a sua importância.

A terceira seção do questionário dispõe de instruções para preenchimento, visando sanar possíveis dúvidas e oferecer clareza na interpretação das perguntas, de modo que os respondentes preenchessem as matrizes de forma adequada. As questões dessa seção tratam do grau de influência e inter-relação que cada prática possui sobre as demais.

A seguir, são apresentadas no Quadro 7 as perguntas do questionário e aquilo que se buscou descobrir a partir de cada uma delas. Os detalhes do questionário são apresentados no Apêndice C.

Quadro 7 - Perguntas do questionário e sua finalidade.

	Pergunta	Finalidade da pergunta
	<i>Seção 1: Perfil dos cursos</i>	
1	O curso de Engenharia de produção que coordena está localizado na:	Identificar qual região do Brasil os especialistas atuam.
2	Sua instituição é enquadrada como:	Identificar a categoria administrativa da universidade que os estão vinculados
3	Indique a modalidade do seu curso	Identificar a modalidade do curso no qual estão vinculados
4	Indique o ano de início de funcionamento do curso:	Identificar a data de início do curso no qual estão vinculados
5	Indique o ano da última atualização do Projeto Político Pedagógico (PPP) do Curso:	Saber qual foi o ano da última atualização do PPP do Curso
6	Indique o turno de funcionamento do curso:	Saber se o curso é integral, diurno ou noturno
7	Indique a ênfase (tipo) do curso:	Identificar se o curso é EP plena ou com habilitação
	<i>Seção 2: Incorporação das práticas nos cursos</i>	
8	No curso que coordena, existem ações para incorporar a sustentabilidade nos currículos?	Observar se existe a preocupação em incorporar a temática da sustentabilidade no currículo dos cursos de EP
9	Indique quais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são abordados no curso que coordena:	Verificar quais ODS são abordados no curso
10	No curso que coordena, há a aplicação de metodologias alternativas e dinâmicas para o ensino sobre sustentabilidade?	Identificar se o curso adota a prática “novas metodologias de ensino para a inserção da sustentabilidade” no currículo
11	No curso que coordena, há a inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso?	Identificar se o curso adota a prática “inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso”
12	No curso que coordena, há iniciativas para criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade para o curso?	Descobrir se o curso adota a prática “criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade”
13	No curso que coordena, há a criação de cursos (introdutórios) específicos sobre sustentabilidade?	Identificar se o curso adota a prática “criação de cursos (introdutórios) específicos sobre sustentabilidade” no currículo
14	No curso que coordena, há o cultivo de ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo?	Descobrir se o curso adota a prática “ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo”
15	No curso que coordena, há a promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos?	Identificar se o curso incentiva a “promoção de atividades e iniciativas sustentáveis com os alunos” no currículo
16	No curso que coordena, existe o estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade nos alunos?	Identificar se o curso busca desenvolver competências de sustentabilidade nos alunos

	Pergunta	Finalidade da pergunta
17	Existe alguma prática que na sua opinião não tenha sido abordada nessa pesquisa? Se sim, descreva por favor.	Identificar outras práticas que porventura não foram incluídas no estudo
18	Indique a relevância da incorporação de cada prática para a realidade do curso que coordena	Verificar a importância da incorporação de cada prática na realidade do curso
19	Indique a importância de cada ODS para o currículo do curso que coordena	Identificar quais ODS são mais relevantes para o curso
<i>Seção 3: Avaliação do grau de influência e inter-relação entre as práticas</i>		
20	Qual é a influência da aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância da “aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade” sobre as demais práticas
21	Qual é a influência da Inserção de novos materiais nas ementas e disciplinas do curso nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância da “inserção de novos materiais nas ementas e disciplinas do curso” sobre as demais práticas
22	Qual é a influência da criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância da “criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade” sobre as demais práticas
23	Qual é a influência da criação de cursos específicos sobre sustentabilidade nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância da “criação de cursos específicos sobre sustentabilidade” sobre as demais práticas
24	Qual é a influência de ações transdisciplinares no desenvolvimento do currículo nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância das “ações transdisciplinares no desenvolvimento do currículo” sobre as demais práticas
25	Qual é a influência da promoção de iniciativas sustentáveis práticas com os alunos nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância da “promoção de iniciativas sustentáveis práticas com os alunos” sobre as demais práticas
26	Qual é a influência do estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno nas seguintes práticas:	Determinar o grau de importância do “desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno” sobre as demais práticas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os potenciais participantes receberam um e-mail descrevendo o objetivo do estudo, um resumo dos principais pontos a serem discutidos e o convite para participarem da pesquisa. Ao todo, 55 coordenadores de cursos de EP no Brasil de diferentes regiões do país foram convidados, dos quais 19 aceitaram participar e responderam ao questionário. Vale dizer que estes coordenadores convidados estão vinculados aos cursos de EP que receberam nota máxima na MEC, conforme explicado anteriormente. Com isso, foi possível identificar as principais iniciativas pedagógicas que estão sendo desenvolvidas para incorporar a sustentabilidade nos cursos de EP mais bem avaliados no Brasil. Ainda, com base nas respostas obtidas no questionário, buscou-se determinar a priorização das práticas de ensino para o currículo de EP a partir de sua proeminência e relações causais.

Posteriormente, com o intuito de complementar as informações e enriquecer o processo de análise dos dados foram realizadas entrevistas com os coordenadores dos cursos. Todos os

respondentes do questionário foram contactados via e-mail para realização de entrevistas. Dos 19 coordenadores que responderam ao questionário, 7 sinalizaram interesse na realização das entrevistas. O Quadro 8 mostra detalhes dos entrevistados, apontando data e duração das entrevistas e a instituição na qual estão vinculados. Ressalta-se que o grupo de IES no qual os entrevistados estão vinculados se caracteriza pelo equilíbrio entre instituições públicas e privadas, bem como pela presença dos cursos de EP que receberam nota máxima na sua avaliação pelo MEC do Brasil.

Quadro 8 - Informações sobre as entrevistas e participantes

Entrevistado	Instituição	Categoria	Data e tempo de entrevista
E1	Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	Pública	29/09/2023, 75 minutos
E2	Universidade de Caxias do Sul (UCS)	Privada	03/10/2023, 50 minutos
E3	Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	Privada	04/10/2023, 55 minutos
E4	Universidade Presbiteriana Mackenzie (MACKENZIE)	Privada	05/10/2023, 40 minutos + dúvidas WhatsApp
E5	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)	Privada	06/10/2023, 45 minutos
E6	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Pública	09/10/2023, 45 minutos
E7	Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	Pública	10/11/2023, 60 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor.

As entrevistas foram realizadas por videochamada, gravadas em áudio e posteriormente transcritas. Um roteiro de entrevista semiestruturado foi desenvolvido e apresentado, assegurando que entrevistas fossem padronizadas e todos os entrevistados recebessem as mesmas perguntas, que se assemelharam ao questionário aplicado anteriormente. O roteiro foi composto de perguntas abertas, com o intuito de se obter percepções e experiências dos coordenadores e relatos detalhados das ações que têm sido desenvolvidas nos cursos de EP dessas IES. O roteiro desta entrevista pode ser visto no Apêndice D.

Inicialmente, apresentou-se a proposta e objetivo do estudo para os entrevistados, confirmando o consentimento para participação no estudo e gravação, e assegurando o anonimato e a utilização exclusiva dos dados para fins científicos. Após isso, seguiu-se o roteiro visando aprofundar as questões tratadas no questionário, obtendo a percepção dos entrevistados e deixando espaço em aberto para que os participantes expusessem quaisquer pontos que julgassem importantes ou tópicos que não tivessem sido discutidos, de modo a partilharem qualquer informação relevante.

2.6.2 Análise de dados da Fase 3

Após coleta dos dados, iniciou-se o processo de interpretação da pesquisa, combinando as diferentes fontes e técnicas de análise, de modo a consolidar o entendimento dos resultados.

Para tanto, analisou-se inicialmente os resultados do questionário. De antemão, verificou-se se todas as questões foram respondidas, se os respondentes seguiram corretamente as instruções de preenchimento e se existiu coerência nas respostas obtidas. A partir disso, a análise dos dados foi realizada por meio de medidas de tendência central e análise descritiva, apresentados a partir da gráficos, tabelas e representação escrita.

Para determinar quais ODS e práticas estão sendo mais abordados nos cursos de EP foi realizada a média das respostas do questionário que tratavam dessa temática. Para definir os ODS mais relevantes para o currículo de EP, calculou-se a média ponderada das respostas dos especialistas. A ponderação foi feita atribuindo-se um valor de 0 a 4 para as respostas, com base na escala Likert das questões. Obtém-se a média ponderada para cada item, baseando-se na pontuação atribuída às respostas e sua frequência. Assim, a ponderação média é a multiplicação da frequência pelo valor de cada resposta, dividido pelo número de sujeitos respondentes.

Para avaliar a concordância das respostas dos coordenadores foi aplicado o índice *Fleiss' Kappa*, que consiste num teste objetivo utilizado para redução da subjetividade do analista visando medir a concordância dos especialistas (Lohmann *et al.*, 2019). Este índice foi empregado com o propósito de avaliar o grau de concordância entre os especialistas, tanto no que se refere à incorporação e relevância dos ODS quanto ao nível de incorporação e relevância entre as práticas. Ainda avaliou a concordância dos especialistas nas questões sobre a inter-relação entre as práticas de ensino.

Fleiss' Kappa é uma métrica objetiva empregada para mitigar a subjetividade do analista em relação à concordância dos especialistas acerca das questões levantadas. Conforme Landis e Koch (1977) ele varia de 0 a 1, de modo que se os especialistas estiverem em completo acordo sobre as questões analisadas, então $k = 1$. Se não houver acordo entre os avaliadores, então $k \leq 0$. O Quadro 9 apresenta uma escala de interpretação para o índice *Fleiss' Kappa*.

Quadro 9 - Classificação dos resultados de *Fleiss' Kappa*

Índice	Classificação	Legenda
$K < 0$	Insignificante	IN
$0,01 < K < 0,20$	Leve concordância	LC
$0,21 < K < 0,40$	Concordância razoável	CR
$0,41 < K < 0,60$	Concordância moderada	CM
$0,61 < K < 0,80$	Concordância Considerável	CC
$0,81 < K < 1$	Alta concordância	AC

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Neste estudo, estabeleceu-se que um grau de concordância aceitável seria atingido quando o valor do *Fleiss' Kappa* fosse igual ou superior a 0,01, indicando que existe concordância. Isso sugere que há um nível de concordância entre os coordenadores em relação às questões abordadas, apesar de algumas divergências. Tendo em vista que a maioria das questões se basearam em escala *Likert* de 5 alternativas, esse critério foi considerado adequado.

Ademais, com base nas respostas obtidas na seção 3 do questionário, buscou-se determinar a priorização das práticas de ensino para o currículo de EP a partir de sua proeminência e relações causais. Para gerar maior robustez e embasamento nesse processo optou-se por utilizar uma técnica de decisão multicritério.

Os Métodos de Decisão Multicritério ou MCDM (do acrônimo em inglês *multicriteria decision making methods*) referem-se ao uso de vários critérios, muitas vezes divergentes, para decisão de alto impacto. Portanto, são utilizados na seleção da melhor alternativa dentre um conjunto de opções, avaliando-as entre critérios variados, contribuindo para a tomada de decisão (Marhavilas *et al.*, 2022; Çolak; Kaya, 2017; Kiliç; Kaya, 2015). Nas técnicas MCDM, a questão mais significativa é a especificação dos critérios selecionados para tomada de decisão correta, sendo uma ferramenta que auxilia os decisores na escolha da solução mais cabível dentre diferentes opções (Hamidah *et al.*, 2022; Marhavilas *et al.*, 2022).

Assim sendo, os Métodos MCDM apresentam benefícios devido aos seus aspectos técnicos, ao analisar simultaneamente fatores quantitativos e qualitativos, permitindo resultados satisfatórios em relação aos problemas de decisão por meio de ferramentas matemáticas (Carpitella *et al.*, 2022; Dos Santos; Campos, 2022).

As técnicas de tomada de decisão têm sido utilizadas em diferentes estudos, cada uma com procedimentos e objetivos específicos (Carpitella *et al.*, 2022). Para Mousavi-Nasab e Sotoudeh-Anvari (2018), a seleção do método a ser utilizado deve considerar os diferentes critérios relacionados ao problema de decisão e assim, avaliar se a técnica é capaz de mensurar aquilo que se busca para a solução do problema.

Para este estudo concentrou-se na abordagem *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Comparado com outros métodos MCDM, como o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* e *Interpretive Structural Modeling* (ISM)), a técnica DEMATEL possui vantagens, a saber: (i) analisa efetivamente as relações mútuas entre diferentes fatores estudados; (ii) fornece a compreensão das complexas relações de causa e efeito no problema de tomada de decisão; e (iii) é capaz de visualizar as inter-relações entre os fatores por meio de um mapa de relações

causais e permitir que os decisores entendam claramente quais fatores têm influência mútua entre si (Asadi *et al.*, 2022; Manoharan *et al.*, 2022; Si *et al.*, 2018).

Embora o AHP possa ser aplicado para classificar alternativas e determinar pesos de critérios, assume que os critérios são independentes e possuem apenas relações unidirecionais, o que tende a não ser realista em cenários práticos, falhando em considerar as interações e relações múltiplas de um sistema (Bouzon, Govindan e Rodriguez, 2018; Raj *et al.*, 2020; Si *et al.*, 2018;). O ISM é outro método que estabelece relações entre variáveis, porém não indica a proeminência dos seus efeitos. O DEMATEL possui vantagem sobre essa técnica justamente porque estabelece relações bidirecionais e permite uma discriminação mais ampla de medidas (Si *et al.*, 2018; Bouzon, Govindan e Rodriguez, 2018; Raj *et al.*, 2020). Desse modo, o DEMATEL tem uma vantagem sobre os métodos MCDM citados porque revela as relações entre os critérios e os prioriza com base na natureza dessas relações, bem como na proeminência dos seus efeitos entre si.

Entretanto, os julgamentos humanos muitas vezes são ambíguos, frequentemente afetados pela incerteza e difíceis de se estimar por valores numéricos exatos, gerando informações vagas e imprecisas, de modo que o DEMATEL não é capaz de lidar com a imprecisão e a incerteza na resposta do especialista que responde a partir de sua experiência (Yadav; Soni; Kumar, 2023; Si *et al.*, 2018; Bouzon; Govindan; Rodriguez, 2018).

Para superar essa fragilidade, a utilização da abordagem *Fuzzy* DEMATEL torna-se uma alternativa para tomada de decisão mais precisa (Si *et al.*, 2018; Bouzon; Govindan; Rodriguez, 2018), uma vez que essa abordagem pode ser utilizada para lidar com os julgamentos imprecisos e subjetivos da natureza humana e diminuir a incerteza na tomada de decisão.

Desse modo, adotou-se a abordagem híbrida *Fuzzy* DEMATEL como procedimento empírico de investigação para determinar as práticas de ensino prioritárias para o currículo dos cursos de EP no Brasil. Nessa abordagem, lógica *fuzzy* e DEMATEL são combinados em um modelo de decisão, mas implementados de forma independente (Si *et al.*, 2018).

Assim, inicialmente empregou-se conjuntos *fuzzy* para lidar com os julgamentos e avaliações dos especialistas sobre os níveis de impacto entre as práticas elencadas, e em seguida, converteu-se os valores *fuzzy* em valores nítidos para a matriz de influência direta. Após isso, aplicou-se o procedimento clássico do DEMATEL.

Desse modo, baseado na descrição de Si *et al.* (2018), adotou-se os seguintes passos para a aplicação do método:

- Etapa 1. Avaliar as influências mútuas entre as práticas usando a escala linguística *fuzzy*: Esta etapa envolve substituir as escalas de medição convencionais por uma

escala linguística *fuzzy*, visando processar a ambiguidade do pensamento humano. Para tanto, adotou-se a escala linguística *fuzzy* descrita na Tabela 3.

Tabela 3 - Escala linguística *Fuzzy* para avaliação dos respondentes

Termos linguísticos	Nota atribuída	Número Fuzzy triangular
Sem influência	0	[0; 0; 0,25]
Baixa influência	1	[0; 0,25; 0,5]
Média influência	2	[0,25; 0,5; 0,75]
Alta influência	3	[0,5; 0,75; 1]
Muito alta influência	4	[0,75; 1; 1]

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Etapa 2. Agregar a avaliação dos especialistas: A agregação ocorreu por meio da soma das avaliações dos especialistas, obtendo o desempenho médio de cada prática em números *fuzzy* triangulares, para construir a matriz *fuzzy* de relação direta, com a média aritmética de todos os julgamentos dos especialistas, conforme Equação 1.

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Z_{ij}^k, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

- Etapa 3. Defuzzificar a matriz de relações agregadas (Z): Transformar as avaliações *fuzzy* dos especialistas em valores nítidos e criar a matriz de relação direta, conforme Equação 2.

$$T_{ij} = \frac{(u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij})}{3} + l_{ij} \quad (2)$$

- Etapa 4: Normalizar a matriz de relação direta: A matriz geral de relação direta (Z) refere-se à etapa que agrupa a opinião de todos os especialistas, com base na média aritmética das respostas obtidas.

$$X = k \cdot Z \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

- Etapa 5: Cálculo da matriz de influência total: A matriz de relação direta normalizada e a matriz identidade são inseridas para calcular a matriz de influência total (T).

$$T = X (I - X)^{-1} \quad (4)$$

$$T = [T_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

- Etapa 6: Obter os valores normalizados da matriz de relação total: Determinar as somas das linhas e das colunas da matriz T.

$$D = [D_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n T_{ij} \right)_{n \times 1} \quad (6)$$

$$R = [D_j]'_{1 \times n} = \left(\sum_{i=1}^n T_{ij} \right)'_{1 \times n} \quad (7)$$

Assim, R_i é a soma da i -ésima linha na matriz T e D_j a soma da j -ésima coluna na matriz T, de modo que R_i mostra os efeitos totais, diretos e indiretos, recebidos pelo fator j dos outros fatores.

Após isso, realizar o cálculo dos valores de $(R_i + D_j)$ e $(R_i - D_j)$. $(R_i + D_j)$ mostra o grau de importância que a prática i desempenha no sistema, $(R_i - D_j)$ mostra o efeito líquido que a prática i contribui para o sistema. Quando $(R_i - D_j)$ é positivo, a prática i é uma causa líquida, ou seja, ela está afetando outros fatores; quando $(R_i - D_j)$ é negativo, a prática i é um efeito líquido, ou seja, ela está sendo influenciada por outras práticas.

- Etapa 7: Definir um valor limite e construir o mapa de relações de impacto (*Impact-Relation Map* – IRM): Construir o IRM, que consiste num gráfico de dispersão, onde as coordenadas $R_i + D_j$ e $R_i - D_j$ são utilizadas usadas para plotar cada prática. As práticas causais ficam acima do eixo x e os aquelas classificadas como efeito ficam localizadas abaixo do eixo x.

Com a aplicação do *Fuzzy DEMATEL* e obtenção do mapa de relação causal, o IRM, foi possível traçar o grau de relevância de cada prática de ensino elencada, bem como determinar as relações causais entre elas.

Por fim, buscando um maior aprofundamento da análise empírica e maior solidez nos resultados da modelagem multicritério, foi realizada a análise das entrevistas por meio de uma análise de conteúdo. Para conduzir esta análise de conteúdo, seguiu-se os procedimentos de Bardin (2011). Assim, a unidade de registro adotada foi o tema, permitindo que as entrevistas fossem codificadas com base nas afirmações presentes nas falas dos entrevistados; a unidade de contexto selecionada foi a frase; e a regra de enumeração empregada foi a de frequência. As categorias para esta análise foram definidas *a posteriori*.

Os principais resultados das entrevistas foram organizados por prática, apresentando uma síntese da visão dos coordenadores sobre as práticas de ensino que são mais relevantes e

daquilo que tem sido desenvolvido nos cursos de EP no Brasil em termos dessas iniciativas. De posse dessas informações, foi possível inferir conclusões e interpretar os dados, a fim de fazer considerações sobre as ações que estão sendo desenvolvidas nos cursos de EP e identificar a relevância das práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo desses cursos, com base na perspectiva dos entrevistados.

Com isso, os dados obtidos nas entrevistas foram cruzados com as respostas do questionário. Estes dados empíricos foram cruciais para auxiliar na proposta de priorização dessas práticas de ensino, trazendo maior embasamento. Uma vez concluída essa Fase, elaborou-se um mapa estratégico propondo a priorização dessas práticas de ensino para o currículo de EP no Brasil, a partir da aplicação da modelagem multicritério e da análise de conteúdo das entrevistas.

A partir dos procedimentos metodológicos de pesquisa apresentados neste capítulo, o Capítulo 3, a seguir, apresenta o referencial teórico que fornece o suporte da presente pesquisa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a revisão de literatura conduzida neste estudo. A seção 3.1 discorre de maneira geral sobre o tema da sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável (DS). Na seção 3.2 discute-se a sustentabilidade, inserindo-a no âmbito dos ODS. Na seção 3.3 apresenta-se um panorama da sustentabilidade no contexto do ensino superior, apontando como essa temática vêm sendo abordada no Brasil e no mundo. A Seção 3.4 possui foco nas práticas de ensino para a incorporação da sustentabilidade no ensino superior. E a Seção 3.5 focaliza na temática da sustentabilidade nos cursos de engenharia. Por fim, a Seção 3.6 traz uma breve contextualização da EP, apresentando sua relação com a temática da sustentabilidade.

3.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nas últimas décadas, a temática da sustentabilidade tornou-se uma área de pesquisa importante em todos os campos, inclusive no campo empresarial. Reforçando essa ideia, Wang *et al.* (2015) afirmam que a sustentabilidade tem se tornado, cada vez mais, o principal objetivo da maioria das organizações voltadas para o futuro. Ao longo da última década em particular, as pressões crescentes do governo, órgãos reguladores e da sociedade levaram as empresas a alinhar as práticas de negócios com os princípios da sustentabilidade (Caldera *et al.*, 2017).

Ganhando cada vez mais atenção no meio acadêmico e empresarial, a sustentabilidade é um conceito multidimensional que busca gerar equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental³, tornando explícitos os três princípios subjacentes ao DS, a saber: integridade ambiental, igualdade social e prosperidade econômica ao longo do tempo (Frare *et al.*, 2020; Sartori; Witjes; Campos, 2017).

Apesar das tentativas de fornecer uma definição simples e eficaz de sustentabilidade nas últimas décadas, muitas ambiguidades cercam o conceito e suas aplicações práticas (Abd-Elwahed; Al-Bahi, 2021). Mesmo sendo amplamente discutido e pactuado pelo senso comum, o conceito de sustentabilidade acaba ganhando inúmeros sentidos, por vezes paradoxais. Isso faz com que o termo seja utilizado em diversos discursos e ações, como também para diversos fins e interesses políticos e econômicos (Muktar *et al.*, 2019). Apesar de ser uma temática

³ Na visão do Triple Bottom Line de John Elkington (1999), mais alinhada ao setor de negócios; pois numa ótica mais abrangente essa visão se expande para outras dimensões além da econômica, social e ambiental, como por exemplo, a espacial e cultural (Sacks, 2011).

ainda em evolução, existem muitas tentativas de definir e operacionalizar a sustentabilidade em diferentes disciplinas e escalas (Goodwin *et al.*, 2021).

Embora por vezes sejam tratados como sinônimos, estudiosos do tema nem sempre enxergam os conceitos de sustentabilidade e DS dessa forma, sendo ainda questão de demasiada discussão. Alguns pesquisadores afirmam que o DS é o caminho para se alcançar a sustentabilidade, sendo a sustentabilidade o objetivo final, de longo prazo. Outros, que a sustentabilidade é o processo para atingir o DS, sendo este o objetivo a ser alcançado (Sartori; Latrônio; Campos, 2014). Em vista disso, Feil e Schreiber (2017) definem a sustentabilidade como sendo um termo que mensura o grau ou nível da qualidade do sistema complexo ambiental humano com o intuito de avaliar suas propriedades e características, abrangendo os aspectos ambientais, sociais e econômicos e o DS como o processo que é baseado em estratégias para aproximar o sistema ambiental humano ao nível de sustentabilidade para que a vida deste sistema se harmonize e perpetue ao longo do tempo.

Corroborando com isso, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a sustentabilidade pode ser vista como o “estado do sistema global, incluindo aspectos ambientais, sociais e econômicos, nos quais as necessidades do presente são atendidas sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”, enquanto que o DS é definido como “desenvolvimento que atenda às necessidades ambientais, sociais e econômicas do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (ABNT, 2022, p.1). Desse modo, a sustentabilidade é um objetivo a ser alcançado, e não um caminho a ser seguido, ou seja, é vista como o objetivo do DS (Manzini; Vezzoli, 2002; ABNT, 2022).

Várias definições de sustentabilidade abordam o tema do “desenvolvimento sustentável”, mas o termo entrou na agenda política global apenas em 1987 por meio do relatório Brundtland (Berchin *et al.*, 2018). O conceito aparece pela primeira vez formalmente no referido relatório de 1987, estando relacionado ao futuro do planeta e à relação entre meio ambiente e desenvolvimento, apresentando o conceito de DS como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46). Portanto, o termo diz respeito à satisfação das necessidades atuais sem prejudicar a capacidade das gerações futuras, algo que era incompatível no sistema econômico tradicional, dada suas discrepâncias entre crescimento econômico e equilíbrio ecológico (Abad-Segura; González-Zamar, 2021).

Logo, há uma aceitação geral de que o DS busca encontrar um equilíbrio entre as necessidades humanas e o meio ambiente e compreender a complexa dinâmica de interação

entre os dois (Chaleta *et al.*, 2021). O DS quer mostrar que uma nação precisa equilibrar a necessidade de progresso social e crescimento econômico com preservação e aprimoramento do ambiente natural (Mercier *et al.*, 2015). Nesse aspecto, é vantajoso e promove o bem-estar humano no longo prazo, otimizando a gestão do sistema ambiental (Chaleta *et al.*, 2021).

Devido a isto, as organizações têm atentado para a necessidade de atingir os objetivos de sustentabilidade nos seus processos, tomando decisões estratégicas de modo a considerar os fatores econômicos, sociais e ambientais, aspectos alicerçados na perspectiva do *Triple Bottom Line* (TBL), que é uma abordagem relacionada ao conceito de sustentabilidade (Nadae; Carvalho, 2016). Assim, buscam a integração e o equilíbrio entre esses três pilares a fim de alcançar o desenvolvimento, gerando impacto na sociedade e meio ambiente, respeitando os limites do planeta para gerações presentes e futuras (Pirouz *et al.*, 2020).

O DS é um conceito de uma área do conhecimento que evoluiu bastante desde o final da década de 1990, quando foi definido e ocupou seu lugar na agenda internacional (Du Pisani, 2006). Em 2015, a ONU definiu por meio dos ODS, metas conhecidas como Agenda 2030, para extinguir a pobreza, minimizar os impactos ao meio ambiente e o planeta e garantir a prosperidade para todas as nações (Hall, 2019). Desde então, os ODS têm se caracterizado como marcos essenciais para orientar ações rumo à sustentabilidade, apresentando uma intercorrelação de temas para alcançar um futuro verdadeiramente sustentável. A seção 3.2 explora os ODS, discorrendo mais detalhadamente sobre cada um deles e apontando a importância de sua implementação no ensino superior.

3.2 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nos anos 2000, com o apoio de 191 Nações, a ONU estabelecia as metas do milênio, conhecidas mundialmente como os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Os ODM se tornaram um referencial do trabalho em conjunto entre vários países e sintetizaram uma agenda global de compromissos para promoção da dignidade humana. Esse acordo teve duração de 15 anos, sendo seu período de vigência de 2000 a 2015 (Serafini, 2022; IPEA, 2014).

Os ODM consistiam em oito metas globais abraçadas pelos Estados membros da ONU, visando avançar, de maneira coletiva, em direção à erradicação da pobreza extrema e fome, desafios que impactavam o mundo, especialmente as populações mais desfavorecidas dos países em desenvolvimento (Roma, 2019). Os 8 ODM eram: 1. Acabar com a fome e a miséria; 2. Universalização da educação primária; 3. Igualdade entre sexos e autonomia da mulher; 4.

Reduzir a mortalidade infantil; 5. Melhorar a saúde materna; 6. Combater a Aids, a malária e outras doenças; 7. Garantir a sustentabilidade ambiental; 8. Estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento (IPEA, 2014).

Para elaboração de uma agenda que substituiria os ODM, cujo período de execução encerraria em 2015, em junho de 2012 foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), resultando em um documento intitulado “O Futuro que Queremos”. O documento estabeleceu os fundamentos para um conjunto de objetivos e metas voltadas para o DS, que vigorariam no período pós 2015 (Roma, 2019). A ONU conduziu o maior programa de consulta de sua história para avaliar o que os ODS deveriam cobrir. Para tanto, um grupo de trabalho aberto com representantes de 70 países foi estabelecido em março de 2013 (Leal Filho *et al.*, 2019a).

Os ODS, adotados em 2015 por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, propõem 17 objetivos e 169 metas, buscando “assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e a injustiça, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, bem como enfrentar outros dos maiores desafios de nossos tempos” (ONU, 2016, p. 7). Ao contrário dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), os ODS têm um escopo mais amplo, compartilhando uma perspectiva mais abrangente no que se refere às questões que envolvem o DS, tendo alcance universal e sendo aplicáveis no mundo inteiro, diferenciando-se dos ODM, nos quais o foco estava nos contextos de países de baixa e média renda (Dibbern; Serafim, 2021).

Os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável são os seguintes: 1. Erradicação da pobreza; 2. Fome zero e agricultura sustentável; 3. Saúde e Bem-Estar; 4. Educação de qualidade; 5. Igualdade de gênero; 6. Água potável e saneamento; 7. Energia acessível e limpa; 8. Trabalho decente e crescimento econômico; 9. Indústria, Inovação e Infraestrutura; 10. Redução das desigualdades; 11. Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12. Consumo e produção responsáveis; 13. Ação contra a mudança global do clima; 14. Vida na água; 15. Vida terrestre; 16. Paz, justiça e instituições eficazes; 17. Parcerias e meios de implementação (ONU, 2015). A Figura 3 apresenta os dezessete ODS das nações unidas.

Figura 3 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ONU (2015).

Assim, os ODS estão conectados a resultados sociais, ambientais e econômicos, que direcionam à uma transição para o DS, cujo compromisso foi afirmado por todos os 193 Estados membros da ONU, os quais se comprometeram a buscar alcançar as ODS até 2030 (Le Blanc, 2015).

Numerosas interpretações sobre o DS concordam que as políticas e ações para alcançar o crescimento econômico devem respeitar o meio ambiente, e, por outro lado, ser socialmente equitativas para alcançar o crescimento econômico. Nesse contexto, os ODS são um novo conjunto universal de metas e indicadores de metas, adotados para erradicar a pobreza em todas as suas formas até 2030 e, também, equilibrar as dimensões econômica, social e ambiental (Abad-Segura; González-Zamar, 2021; Leal Filho *et al.*, 2019b).

Os ODS representam um compromisso ambicioso e positivo com a sustentabilidade em todo planeta e contribuirão para garantir um legado para as gerações futuras. Para que eles sejam alcançados, vários atores, em todo o mundo, precisam se engajar em ações como parte de um processo de longo prazo para gerar mudanças (ONU, 2015). Conforme aponta Bandari *et al.* (2022), embora a Agenda 2030 das Nações Unidas traga uma visão holística e multissetorial da sustentabilidade por meio dos ODS, uma implementação bem-sucedida dessa agenda depende do entendimento das multifacetadas interações entre os ODS, para o alcance da sustentabilidade em nível local.

Nesse sentido, as universidades devem atuar como agentes de mudança, promovendo os princípios do DS em suas instituições e na sociedade (Leal Filho; Shiel; Paço, 2016). Logo, a educação é central para a sua realização; existe um objetivo específico (ODS 4) relacionado

à educação, sendo que ela ainda é mencionada nas metas de outros cinco objetivos e, mais importante, está ligada a quase todos os outros ODS de uma forma ou de outra (Leal Filho *et al.*, 2019b).

Em relação ao DS no campo do ensino superior, nota-se que existiu avanços comprovados e bem-sucedidos nos últimos anos, porém ainda existem inúmeros desafios a serem superados nessa área (Leal Filho; Shiel; Paço, 2016; Leal Filho *et al.*, 2017). Desde que os estados membros das Nações Unidas adotaram a Agenda 2030, muito se tem escrito sobre sua implementação ambiental, social, econômica e política e seus desafios intrínsecos; sendo pesquisa, inovação e educação sustentável os motores mais essenciais para alcançar os ODS em nível global (Leal Filho *et al.*, 2021a).

Tendo em vista que os ODS podem ser utilizados para orientar ações na esfera educacional, contribuindo para a formação de futuros profissionais (Silva *et al.*, 2023), convém abordar como a sustentabilidade vem sendo tratada no ensino superior, discutindo a influência das universidades na construção de uma sociedade mais sustentável.

3.3 SUSTENTABILIDADE NO ENSINO SUPERIOR

Pesquisas publicadas sobre a temática da sustentabilidade no setor do ensino superior relatam o potencial de incluir interações entre o ensino superior e uma ampla gama de profissionais e interessados em todas as atividades da universidade quando a sustentabilidade é buscada e o aprendizado organizacional para a sustentabilidade é necessário (Ferrer-Balas *et al.*, 2010). Nos últimos anos, um corpo crescente de conhecimento foi desenvolvido em direção ao ensino superior para implementar um currículo de sustentabilidade, práticas de campus e atividades de extensão. Apesar disso, embora tenha sido fortemente enfatizado a necessidade de uma reforma curricular para abordar o DS, existem poucos exemplos de tais iniciativas no ensino (Von Blottnitz; Case; Fraser, 2015). Em visto disso, as IES têm um papel fundamental na sustentabilidade, sendo os principais agentes na formação de futuros líderes que contribuirão para o sucesso da implementação dos ODS das Nações Unidas (Žaleniene; Pereira, 2021).

Alcançar o DS é um desafio e todos os atores sociais precisam participar, de modo que esses atores devem ser líderes na busca de soluções e alternativas para os problemas ambientais atuais e agentes de mudança (Hesselbarth; Schaltegger, 2014). Nesse contexto, as IES devem desempenhar um papel ativo e fundamental na promoção de práticas de sustentabilidade (Bautista-Puig; Sanz-Casado, 2021). Além de gerar e transferir conhecimentos relevantes, também educam os que futuramente tomarão decisões para que venham a contribuir para um

futuro (mais) sustentável (Cortese, 2003; Godemann *et al.*, 2014), desempenhando um pertinente papel na transformação da sociedade (Barth; Rieckmann, 2012). Desta forma, comprovam seu papel de destaque na conscientização social da necessidade de resguardar o meio ambiente e alcançar os ODS.

Velazquez *et al.* (2006) afirmam que uma universidade sustentável é uma instituição que aborda, envolve e promove a minimização dos efeitos negativos ambientais, econômicos, sociais e de saúde gerados no uso de seus recursos, tanto em nível local como global, a fim de cumprir suas funções de ensino, pesquisa, extensão, parceria e administração. Corroborando com isso, Ryan *et al.* (2010) enfatizam que a sustentabilidade nas IES vai além das mudanças curriculares individuais e práticas ambientais isoladas, exigindo também ações nas prioridades acadêmicas, estruturas organizacionais e sistemas financeiros.

Nesse contexto, as universidades desempenham papel crucial sob várias perspectivas, como por exemplo, integrando a educação ambiental e a EDS em seu sistema, colaborando com outras IES e incentivando experiências de sustentabilidade no campus e melhorias no currículo (Leal Filho *et al.*, 2019b). Desse modo, prestar serviços de alta qualidade de forma sustentável requer das IES uma integração sólida da gestão ambiental e práticas educacionais sustentáveis.

A EDS nas universidades fornece à comunidade universitária (alunos, pessoal administrativo e docentes) as habilidades e capacidades necessárias para contribuir para a realização do DS. Um dos desafios da educação na área do DS nas IES é a implantação das práticas e a articulação com outras iniciativas de educação e aprendizagem. Nesse aspecto, a EDS parece estar mais relacionada às práticas de sustentabilidade, e as universidades deveriam ter uma estrutura organizacional e estratégica mais integrada para a sustentabilidade. Como alternativa a isto, as IES podem desenvolver uma política a ser usada como uma extensão para a formação profissional de professores, buscando aprender com outras instituições ao redor do mundo ao examinar como elas implementaram a EDS em suas respectivas organizações (Hernández-Díaz *et al.*, 2021; Montenegro de Lima *et al.*, 2020).

Em 2012, a Conferência das Nações Unidas sobre DS (Rio + 20) enfatizou o papel crítico das IES para promover a pesquisa e a inovação para a sustentabilidade global e o DS (Berchin *et al.*, 2018). O relatório encorajou fortemente as instituições de ensino a considerarem a adoção de boas práticas em gestão da sustentabilidade em seus *campi* e comunidades, incentivando o envolvimento ativo dos alunos, professores e parceiros locais (RIO + 20, 2012). Desse modo, considerou o DS como um elemento a ser integrado em todas as disciplinas, ressaltando que a colaboração entre a comunidade acadêmica, científica e

tecnológica, sobretudo nos países em desenvolvimento, é indispensável para promover a colaboração internacional na área da pesquisa sobre o DS (RIO + 20, 2012).

Žaleniene e Pereira (2021) analisaram os impactos do ensino superior na sustentabilidade, concentrando-se nos desafios e barreiras encontrados nesse processo, e enfatizaram que o ensino superior contribui decisivamente para a implementação dos ODS, especificamente o objetivo 1 (erradicação da pobreza em todas as suas formas em todos os lugares), objetivo 3 (garantir vidas saudáveis e promover o bem-estar para todos em todas as idades), objetivo 5 (igualdade de gênero), objetivo 8 (trabalho decente e crescimento econômico), objetivo 12 (consumo e produção responsáveis), objetivo 13 (ação contra a mudança global climática) e objetivo 16 (paz, justiça e instituições eficazes).

Berchin *et al.* (2018) realizaram uma revisão da literatura identificando assim oito estratégias que as IES podem adotar para se tornarem mais sustentáveis, dentre elas, a urgência em desenvolver uma agenda institucional, a busca por melhorar o ensino e promoção da disseminação do conhecimento. Um estudo de Sanchez-Carrilo, Cadarso e Tobarra (2021) propôs um conjunto de cinco estratégias, baseadas na literatura, para diminuir os problemas encontrados na implantação da sustentabilidade no ensino superior. Dentre as estratégias a serem adotadas, enfatizaram a colaboração de várias IES de diferentes localidades e países, em projetos de parceria, propiciando o desenvolvimento relações interpessoais e interculturais, além de se comprometerem com as comunidades locais e estrangeiras (Sanchez-Carrilo; Cadarso; Tobarra, 2021). Corroborando com isso, Ribeiro *et al.* (2021), ao realizar um estudo para identificar se as iniciativas *Green Campus* são uma estratégia viável para disseminar os conceitos de DS nas instituições de ensino superior, chegaram à conclusão de que pesquisas comparando várias IES com diferentes estratégias de disseminação da sustentabilidade podem fornecer resultados de interesse para a academia.

Diante disso, há uma necessidade percebida de desenvolver abordagens, métodos e ferramentas que podem ajudar as IES a introduzir sistematicamente os ODS em pesquisa e ensino como uma parte intrínseca de seus programas (Leal Filho *et al.*, 2021a), haja vista que é grande a capacidade das universidades de influenciar a transformação para uma sociedade mais sustentável (Žaleniene; Pereira, 2021).

Todavia, embora as IES possam contribuir significativamente para a EDS, ao mobilizar alunos para a ação, apoio ao trabalho relacionado aos ODS e capacitação, vários desafios são essenciais quando se considera o futuro do ensino superior, havendo uma nítida necessidade de estudos interdisciplinares nas diferentes áreas do conhecimento para implementar e adotar corretamente os ODS (Žaleniene; Pereira, 2021).

Isso poderá ser alcançado e facilitado ao se implementar práticas e ferramentas para análise de impacto ambiental e mapeamento de ODS nas operações do *campus* e atividades educacionais, criando mecanismos que aumentem a consciência da sustentabilidade dentro das comunidades acadêmicas e desenvolvendo estratégias para a sustentabilidade no ensino visando a melhoria dos currículos.

Quando as universidades atentarem para essas questões e necessidades e direcionarem seus esforços para incorporar os ODS estabelecidos pela ONU em suas práticas educacionais poderão obter uma série de benefícios tais como: tornarem-se agentes de mudança voltados para a solução dos desafios globais; adquirirem respeito ao evidenciar seu impacto e relevância como contribuintes diretas para o bem-estar global e local aos órgãos governamentais; receberem apoio de entidades de financiamento e da comunidade; e fornecerem uma estrutura comum em redor dos ODS para diferentes setores e organizações se conectarem e trabalharem juntos em interesses, tanto em pesquisa quanto em educação (Montenegro de Lima *et al.*, 2020). Pensando nisso, se faz necessário discutir mais detalhadamente as principais práticas de sustentabilidade adotadas pelas IES para inserção da sustentabilidade no ensino superior.

3.4 PRÁTICAS PARA INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DO ENSINO SUPERIOR

As universidades podem contribuir com os ODS em múltiplas áreas. No entanto, conforme SDSN (2017), existem áreas-chave que merecem ênfase especial, a saber: a) Pesquisa e desenvolvimento; b) Ensino; c) Governança e operações do *campus*; d) Liderança. Em conformidade com isso, Bautista-Puig e Sanz-Casado (2021) avaliaram a incorporação da sustentabilidade de universidades públicas e privadas espanholas em cinco dimensões: pesquisa; internacionalização; governança universitária; avaliação e relatórios; e operações do *campus*.

Thürer *et al.* (2018) afirmaram que iniciativas para inserção da sustentabilidade no ensino superior geralmente podem ser divididas em a) iniciativas que visam colocar a sustentabilidade no currículo; e b) iniciativas voltadas para as operações de *campus*, destinadas a tornar as próprias universidades mais sustentáveis, como por exemplo, na forma de compras sustentáveis, *campi* sustentáveis, etc.

Leal Filho *et al.* (2021a) descrevem a relevância e a necessidade de uma ênfase mais significativa nos ODS no contexto de ensino, pesquisa e iniciativas operacionais, fornecendo uma oportunidade inigualável de conscientizar os alunos sobre o DS. Nesse sentido, o papel

das universidades em relação à implementação dos ODS está relacionado às suas extensas atividades de ensino e aprendizagem, incluindo ensino de graduação e pós-graduação, treinamento profissional, educação executiva e de adultos, aprendizado *on-line*, atividades extracurriculares e clubes e sociedades estudantis (Leal Filho *et al.*, 2019a).

Como personagem primordial para cumprimento dos ODS, as IES são compelidas a acompanhar a natureza dinâmica da inovação em sustentabilidade e redesenhar seus currículos tornando-os mais orientados para a vida real em todas as disciplinas (Tasdemir; Gazo, 2020). A inserção de práticas para o ensino da sustentabilidade nos currículos acadêmicos pode ser realizada de diversas formas, como: por meio da abordagem sobre questões sustentáveis em um curso ou disciplina existente; um curso específico sobre o tema; o conceito de DS entrelaçado nas disciplinas regulares, adequando-se à natureza de cada disciplina específica; e a temática da sustentabilidade como possibilidade de especialização no contexto de cada universidade (Lozano; Lozano, 2014).

Em se tratando da aplicação dessas práticas, há uma necessidade comum em todas elas de abordar o DS em todo o currículo a partir de uma perspectiva integrada e interdisciplinar, existindo um interesse crescente nos aspectos da sustentabilidade dentro dos currículos acadêmicos, em todos os níveis na prática (Annan-Diab; Molinari, 2017; Lozano; Lozano, 2014). Isso implica que as contribuições para a educação de qualidade exigidas pelos ODS compreendem os esforços para integrar a EDS como abordagem para promover práticas de ensino centradas no aluno, interdisciplinares e incorporadas em diversas disciplinas (Leal Filho *et al.*, 2021a).

Miñano Rubio *et al.* (2019) destacaram que as maiores barreiras e dificuldades de mudança para a incorporação da sustentabilidade nas IES estão no campo do ensino, enfatizando que é necessária uma mudança curricular estratégica e sistêmica. Vale ressaltar que incorporar a sustentabilidade no currículo não diz respeito a meramente introduzir novos conteúdos ou disciplinas nos currículos, mas envolve a análise de estratégias de ensino para o desenvolvimento de uma visão crítica e holística, promovendo a resolução de problemas e tomada de decisão com base em critérios de sustentabilidade (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a integração da sustentabilidade em diversos currículos acadêmicos é essencial para fornecer aos alunos as habilidades e *insights* que irão ajudar as sociedades a se tornarem mais sustentáveis (Lozano, 2010). Tal integração em cursos e currículos requer um esforço conjunto entre os diferentes atores universitários (Pérez-Foguet *et al.*, 2018) e os educadores devem revisar cursos e currículos para que os futuros profissionais estejam preparados para os novos desafios como profissionais praticantes (Davidson *et al.*, 2010).

Entretanto, o atual nível de proficiência da academia no que diz respeito ao desenvolvimento de currículos eficazes para abordar questões de sustentabilidade em escala global ainda não está nos níveis desejados (Tasdemir; Gazo, 2020) e a maioria das iniciativas para reformar os currículos inserindo a temática do DS têm sido, em sua maioria, através de disciplinas individuais e, muitas vezes, eletivas (Von Blottnitz; Case; Fraser, 2015). Além disso, os currículos no ensino superior têm sido criticados em nossos dias por sua tendência à especialização, sendo necessárias mudanças significativas para integração dos ODS no currículo dos programas universitários (Crespo *et al.*, 2017).

Um exemplo disso são as escolas de engenharia, onde apenas um pequeno número delas buscou realizar grandes atualizações em seus cursos e currículos nas últimas décadas (Davidson *et al.*, 2010). Senso assim, as universidades, sobretudo as escolas de engenharia, devem implementar mecanismos que projetem os currículos levando em consideração os conceitos referentes ao DS (Crespo *et al.*, 2017). Isso passa pelo desenvolvimento de currículos que aumentem ainda mais a conscientização sobre a sustentabilidade e propiciem aos alunos de graduação ferramentas que lhes tragam vantagem competitiva no mercado de trabalho (Tasdemir; Gazo, 2020). Desse modo, considerando os aspectos mencionados, a seção a seguir discute sobre a integração da sustentabilidade especificamente nos cursos de engenharia.

3.5 SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS DE ENGENHARIA

A engenharia trata do conhecimento e da prática de resolução de problemas. Os engenheiros são, em sua essência, solucionadores de problemas com substanciais habilidades técnicas, mas carecem de habilidades geralmente ausentes dos currículos tradicionais de engenharia para serem eficazes no exercício das demandas e desafios de trabalho (UNESCO, 2021; Macdonald *et al.*, 2022).

A demanda por engenheiros em todo o mundo é alta, sendo fundamental que o ensino de engenharia atenda às necessidades atuais e futuras dos empregadores, acompanhando as rápidas mudanças tecnológicas e o surgimento de novas disciplinas (UNESCO, 2021). Nesse aspecto, os engenheiros são indispensáveis para o atendimento das necessidades humanas básicas, sendo os profissionais que lideram a busca pelos ODS com o uso de seu conhecimento científico e sua experiência para transformar ideias inovadoras em projetos de sustentabilidade que beneficiem todos (UNESCO, 2021). Sendo assim, um dos desafios mais recentes na prática e educação de engenharia é a consideração de questões de DS, aspecto que tem levado as faculdades de engenharia a se envolver nos últimos anos com a incorporação do DS em seus

sistemas acadêmicos, melhorando suas estratégias de ensino (Halbe; Adamowski; Paul-Wolftl, 2015; Pérez-Foguet *et al.*, 2018).

A educação em engenharia permite aos engenheiros de hoje lidar com os desafios futuros e utilizar-se de ferramentas, bem como desenvolver habilidades necessárias para transformar este mundo dinâmico em um lugar que respeite o planeta e propicie bem-estar e saúde para o benefício de todos (UNESCO, 2021). Assim, está mudando de seu foco tradicional no conhecimento técnico disciplinar para uma abordagem interdisciplinar e de solução de problemas bem mais ampla, que combina análises dos problemas sociais e sustentáveis com conhecimento técnico e soluções acadêmicas (UNESCO, 2021). Diante disso, os crescentes desafios do DS e do efeito da globalização na prática da profissão de engenheiro impõem, inevitavelmente, adaptações significativas no currículo dos estudos de engenharia (Pérez-Foguet *et al.*, 2018).

Apesar dos apelos para uma reforma dos currículos de engenharia no intuito de integrar a sustentabilidade e reestruturar as abordagens de ensino, as respostas a estes pedidos são, na maioria dos casos, relativamente limitadas (Lazzarini; Pérez-Foguet; Boni, 2018), existindo, ainda, a necessidade de analisar o projeto, as características e a natureza das iniciativas focadas em sustentabilidade na educação em engenharia (Gutierrez-Bucheli, Kidman e Reid, 2022).

Isso porque capacitar engenheiros para implementar os ODS exige o desenvolvimento de novas competências e uma mudança na própria forma de ensinar (UNESCO, 2021). Desse modo, torna-se urgente um novo paradigma, visando uma abordagem inter e multidisciplinar, que permita que a engenharia resolva questões complexas como, por exemplo, a mudança climática (UNESCO, 2021).

Essas reformas, no entanto, são prejudicadas pelo extenso tempo necessário para fazer alterações nos currículos, o desafio de inserir novos materiais nos planos dos cursos lotados e a falta de um senso de prioridade sobre essas mudanças (Davidson *et al.*, 2010). Uma outra importante questão a ser considerada na reforma dos currículos de engenharia está relacionada à separação de disciplinas e falta de capacidade de trabalhar em diferentes áreas, que por sua vez pode causar um déficit na integração da sustentabilidade no ensino (Lazzarini; Pérez-Foguet; Boni, 2018).

Logo, o DS não é apenas outro tópico a ser considerado no currículo, uma vez que pode possibilitar uma formação holística que considere a necessidade de formação técnica alinhada ao contexto de uma sociedade sustentável (Barth; Rieckmann, 2012; Andrade, 2022). Sendo assim, é preciso examinar os programas das universidades e visitar o currículo para incorporar

os tão necessários aspectos de sustentabilidade nos cursos de engenharia (Macdonald *et al.*, 2022).

Melo (2019), em sua pesquisa de doutorado no Brasil, se propôs a compreender como a EDS está presente nos currículos, argumentando que é fundamental desafiar as formas atuais de pensar e agir em relação ao ambiente sendo necessárias, para isso, mudanças significativas nos currículos e na prática pedagógica das IES. Essas mudanças passam pela evidente necessidade de currículos mais interdisciplinares no ensino superior e de práticas pedagógicas que desenvolvam o pensamento crítico e reflexivo dos alunos (Melo, 2017).

Nessa perspectiva, Serafini (2022) desenvolveu um estudo com o objetivo de compreender como os ODS e a Agenda 2030 estão sendo incorporados nas IES, com foco no Brasil, apontando que os currículos das disciplinas no ensino superior devem ser atualizados, despertando a formação de profissionais que valorizam o papel dos indivíduos perante as questões sociais, econômicas e ambientais.

Tratando da sustentabilidade voltada especificamente para o curso de EP, Juliano, Melo e Marques (2017) realizaram um estudo sobre a sustentabilidade nos projetos pedagógicos das universidades públicas do Estado de São Paulo buscando identificar quais dimensões da sustentabilidade são abordadas nas propostas pedagógicas dessas graduações. Os autores observaram que um número considerável de disciplinas poderia inserir ou aprofundar o conceito de sustentabilidade em suas ementas.

A sustentabilidade é importante no currículo de engenharia porque estimula o pensamento inovador tanto do ponto de vista acadêmico quanto prático (Abd-Elwahed; Al-Bahi, 2021). Por isso, é indispensável uma formação em engenharia que forneça aos futuros engenheiros uma consciência sobre as múltiplas implicações da engenharia para incorporar princípios do DS levando em consideração aspectos que vão além dessa forte ênfase tecnicista da profissão, abrangendo também aspectos mais amplos relacionados à sua atuação como seres humanos e cidadãos responsáveis (Loureiro; Pereira; Pacheco Júnior, 2016).

Nesse contexto, uma ação basilar é repensar as matrizes curriculares dos cursos de engenharia para além de um curso profissionalizante e altamente técnico, alinhando-as aos ODS e adotando uma abordagem sustentável em suas práticas de ensino, que deve ser biocêntrica, sistêmica e intergeracional (Andrade, 2022).

À medida que a demanda por bens e serviços cresce, causando sobrecarga dos recursos naturais e exigindo engenhosidade para atender às necessidades de um mundo mais populoso, a sustentabilidade nas operações, produção e consumo continua ganhando relevância. Nessa conjuntura, engenheiros de produção estão posicionados de forma única para incorporar

conceitos de sustentabilidade, uma vez que seu foco de atuação está nos sistemas produtivos e, assim, estão aptos a decidir mais eficazmente quais partes desses sistemas modificar para produzir os resultados desejados (Nazzal *et al.*, 2015).

Levando em consideração os aspectos mencionados, e tendo em vista o enfoque desse estudo em abordar os cursos de EP, a seção a seguir faz uma breve análise da EP, discorrendo sobre sua origem, atribuições e singularidades, considerando sua relação com a sustentabilidade.

3.6 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

De acordo com Oliveira e Almeida (2010, p. 21) “a origem da engenharia confunde-se com a origem da civilização, se for considerada como o emprego de métodos e técnicas para construir, transformar materiais e fabricar ferramentas”, uma vez que a forma mais remota desta modalidade foi quando o homem além de produzir preocupou-se em organizar, integrar, mecanizar, mensurar e aprimorar sua produção, obtendo vantagem mecânica com o uso de um pedaço de madeira como prolongamento do braço ou ao arremessar uma pedra contra um alvo, utilizando-se, assim, da engenharia em seu benefício.

Com a revolução industrial que se iniciou no século XVIII na Inglaterra, surgiu o advento da manufatura e a introdução da máquina-ferramenta, que exigiu um tratamento mais adequado aos processos de produção. A partir do final do século XIX, surgiram atividades de sistema integrados de produção, que se relacionam mais diretamente com esta modalidade de engenharia, tal como se concebe atualmente (ABEPRO, 2010).

Comparada com as demais modalidades de engenharia, a EP é recente e surgiu há pouco mais de um século, a partir de uma perspectiva de racionalidade econômica aplicada aos sistemas de produção, através de duas personalidades paradigmáticas: Frederick Winslow Taylor e Henry Ford (Fleury, 2008). Surgem então o Taylorismo, que buscou introduzir aspectos referentes à otimização do trabalho, e o Fordismo, com a incorporação do arranjo de máquinas na forma de linha de produção e a visualização do aproveitamento do mercado consumidor de escala (Cunha, 2002). No final do século XIX e início do século XX eles foram responsáveis pelo início da transformação dos conhecimentos empíricos sobre a produção em conhecimentos formalmente estabelecidos, sendo Taylor o precursor da EP, através da publicação do livro *Princípios da administração científica*, em 1911 (Fleury, 2008).

Antes da mecanização da produção, artesãos desenvolviam seus processos de produção de forma individualizada, manual e pouco sistematizada. A EP origina-se quando aspectos

como sistematização, organização, integração, mensuração e mecanização começam a ser incorporados a esses processos produtivos, concentrando-se no desenvolvimento de métodos e técnicas que permitissem otimizar a utilização de todos os recursos produtivos (Campos, 2021; Cunha, 2002). Desse modo, a EP desenvolve-se ao longo do século XX em resposta às necessidades de desenvolvimento de métodos e técnicas de gestão dos meios produtivos demandada pela evolução tecnológica e mercadológica resultantes da revolução industrial (Cunha, 2002).

De acordo com Fleury (2008), a definição mais utilizada de EP é a adotada pela *American Industrial Engineering Association*, que:

“trata do projeto, aperfeiçoamento e implantação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia, para a produção de bens e serviços, de maneira econômica, respeitando os preceitos éticos e culturais. Tem como base os conhecimentos específicos e as habilidades associadas às ciências físicas, matemáticas e sociais, assim como aos princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, prever e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas” (Fleury, 2008, p.01-02).

A ABEPRO (2024) corrobora ao afirmar que cabe à EP “o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia”. Nesse sentido, ela deve avaliar os resultados advindos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, fazendo uso de conhecimentos especializados e princípios e métodos de análise e projeto da engenharia (ABEPRO, 2024).

Mesmo sendo recente quando comparada com as engenharias tradicionais, Oliveira *et al.* (2013) revelaram que a EP é uma modalidade que cresceu significativamente na atualidade, crescimento este que pode estar relacionado à necessidade de melhoria geral das organizações em termos de competitividade e qualidade dos produtos, sistemas logísticos e demais aspectos relacionados à produção de uma maneira geral, que fazem parte do escopo do perfil profissional do Engenheiro de Produção.

A formação do engenheiro de produção envolve multiplicidade de áreas do conhecimento que vão desde a formação científica clássica do engenheiro até aspectos ambientais, sociais e econômicos, razão pela qual possui competências na área tecnológica, juntamente com competências na área de administração e gestão (Walker *et al.*, 2019; Fleury, 2008). Desse modo, o currículo da EP foca em aspectos tecnológicos, motivo pelo qual existem

ênfases específicas que são oferecidas dentro do curso (EP Mecânica, EP Agroindustrial, EP Civil, entre outras), mas também abrange áreas das ciências sociais como a Economia, Sociologia e a Psicologia, uma vez pessoas são partes integrantes dos sistemas de produção, os quais são projetados, implantados e aperfeiçoados pelos engenheiros de produção, criando uma forte aproximação com os cursos de Administração (Fleury, 2008). Entretanto a EP se difere das ciências da administração em virtude de seu componente tecnológico e sua capacitação distintiva no desenvolvimento de modelos para a tomada de decisões relativas a sistemas de produção, centrando-se na gestão dos processos produtivos (Fleury, 2008; Cunha, 2002).

Nesse sentido, a matriz curricular da Engenharia de Produção deve prover as condições necessárias para que se caminhe com uma sólida noção de exatas, por um lado, e uma percepção e capacidade administrativa de outro, buscando o equilíbrio entre a atuação tanto nas exatas quanto teóricas. Logo, quando um profissional de EP é contratado espera-se alguém com conhecimento multidisciplinar, que analise capacidade produtiva, gestão financeira, dados exatos e técnicos e também tenha percepção para os riscos provenientes do ambiente, gestão eficaz das pessoas, entre outras atribuições (Meneghel *et al.*, 2022).

A ABEPRO representa a classe de Engenheiros de Produção, e possui função indispensável na regulamentação dos cursos de graduação na área junto ao MEC (Walker *et al.*, 2019). As áreas e subáreas do conhecimento relacionadas à EP que balizam a modalidade na Graduação, pós-graduação, pesquisa e nas atividades profissionais listadas pela ABEPRO (2024) são descritas no Quadro 10.

Quadro 10 - Áreas e sub áreas da Engenharia de Produção

Área	Sub área
1. Engenharia de operações e processos da produção	1.1. Gestão de Sistemas de Produção e Operações; 1.2. Planejamento, Programação e Controle da Produção; 1.3. Gestão da Manutenção; 1.4. Projeto de Fábrica e de Instalações Industriais: organização industrial, layout/arranjo físico; 1.5. Processos Produtivos Discretos e Contínuos: procedimentos, métodos e sequências; 1.6. Engenharia de Métodos.
2. Cadeia de suprimentos	2.1. Gestão da Cadeia de Suprimentos; 2.2. Gestão de Estoques; 2.3. Projeto e Análise de Sistemas Logísticos; 2.4. Logística Empresarial; 2.5. Transporte e Distribuição Física; 2.6. Logística Reversa; 2.7. Logística de Defesa; 2.8. Logística Humanitária.
3. Pesquisa operacional	3.1. Modelagem, Simulação e Otimização; 3.2. Programação Matemática; 3.3. Processos Decisórios;

Área	Sub área
	3.4. Processos Estocásticos; 3.5. Teoria dos Jogos; 3.6. Análise de Demanda; 3.7. Inteligência Computacional.
4. Engenharia da qualidade	4.1. Gestão de Sistemas da Qualidade; 4.2. Planejamento e Controle da Qualidade; 4.3. Normalização, Auditoria e Certificação para a Qualidade; 4.4. Organização Metrológica da Qualidade; 4.5. Confiabilidade de Processos e Produtos.
5. Engenharia do produto	5.1. Gestão do Desenvolvimento de Produto; 5.2. Processo de Desenvolvimento do Produto; 5.3. Planejamento e Projeto do Produto.
6. Engenharia organizacional	6.1. Gestão Estratégica e Organizacional; 6.2. Gestão de Projetos; 6.3. Gestão do Desempenho Organizacional; 6.4. Gestão da Informação; 6.5. Redes de Empresas; 6.6. Gestão da Inovação; 6.7. Gestão da Tecnologia; 6.8. Gestão do Conhecimento; 6.9. Gestão da Criatividade e do Entretenimento.
7. Engenharia econômica	7.1. Gestão Econômica; 7.2. Gestão de Custos; 7.3. Gestão de Investimentos; 7.4. Gestão de Riscos.
8. Engenharia do trabalho	8.1. Projeto e Organização do Trabalho; 8.2. Ergonomia; 8.3. Sistemas de Gestão de Higiene e Segurança do Trabalho; 8.4. Gestão de Riscos de Acidentes do Trabalho.
9. Engenharia da sustentabilidade	9.1. Gestão Ambiental; 9.2. Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação; 9.3. Gestão de Recursos Naturais e Energéticos; 9.4. Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais; 9.5. Produção mais Limpa e Ecoeficiência; 9.6. Responsabilidade Social; 9.7. Desenvolvimento Sustentável.
10. Educação em EP.	10.1. Estudo da Formação do Engenheiro de Produção; 10.2. Estudo do Desenvolvimento e Aplicação da Pesquisa e da Extensão em Engenharia de Produção; 10.3. Estudo da Ética e da Prática Profissional em Engenharia de Produção; 10.4. Práticas Pedagógicas e Avaliação Processo de Ensino-Aprendizagem em Engenharia de Produção; 10.5. Gestão e Avaliação de Sistemas Educacionais de Cursos de Engenharia de Produção.

Fonte: ABEPRO (2024).

Os cursos de EP foram marcados inicialmente pelo foco no conhecimento e na carga horária. Analisando as resoluções mais antigas que se referiam à criação e ao oferecimento de

disciplinas, percebe-se que elas levavam à especialização, ao consequente isolamento dos docentes em matérias específicas e à não exploração da interdisciplinaridade dessas matérias (Santos, 2008). Todavia, essa abordagem foi evoluindo para a aplicação da noção de competências, entendidas como objetivos a se alcançar nos cursos de EP, propiciando um contexto de mudanças onde a rigidez da formação acadêmica em EP vem sendo substituída por um novo perfil profissional (Santos, 2008).

Alinhado a isso, com o propósito de atender as futuras demandas por melhores profissionais em engenharia, em 2019 o Ministério da Educação (MEC) publicou as novas alterações nas DCN para os cursos de graduação em Engenharia (BRASIL, 2019). De acordo com as DCN (BRASIL, 2019), o perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve possuir, entre outras, características como:

- Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;
- Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;
- Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o DS.

Ainda, conforme preconiza as DCN (BRASIL, 2019), o curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos competências a serem desenvolvidas, tais como:

- Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto;
- Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos: a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
- Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia.

Essas competências alinham-se às competências apresentadas pela ABEPRO para o engenheiro de produção. Dentre elas, o engenheiro de produção deve ser capaz de compreender a inter-relação dos sistemas de produção com o meio ambiente, levando em consideração a utilização de recursos escassos e a disposição final de resíduos, atentando para a exigência de sustentabilidade (Cunha, 2002). Logo, a EP enfatiza como uma de suas competências o entendimento das relações entre o sistema de produção e suas reverberações no ambiente, levando em consideração os aspectos ecológicos, sociais e econômicos, tratando de assuntos como produção mais limpa, ecoeficiência, responsabilidade social e gestão ambiental (Juliano;

Melo; Marques, 2017). Em vista disso, Fleury (2008) mostra que os profissionais de EP são aptos a desenvolver um relevante papel nos processos de produção sustentável em virtude dos desafios que surgem com os problemas ambientais e os sistemas de regulação que estão sendo estabelecidos nos diferentes níveis de atuação institucional (local, subnacional, nacional, regional, internacional).

Do ponto de vista das áreas do conhecimento e da oferta de disciplinas, Mello e Dos Santos (2015) realizaram uma pesquisa em universidades públicas para estudar a formação em EP, a demanda do mercado e as unidades curriculares. Os autores identificaram um baixo número de disciplinas ofertadas na área da engenharia da Sustentabilidade e a ausência de disciplinas específicas relacionadas à área de Educação em EP, existindo um tratamento insatisfatório dessas áreas nos cursos estudados. Assim, evidenciaram que os cursos de EP, por meio de suas estruturas curriculares, não estão conseguindo acompanhar a rápida evolução que ocorre na sociedade, enfatizando que existem lacunas na formação que precisam ser melhor abordadas e uma necessidade de investimento na área de engenharia da sustentabilidade (Mello; Dos Santos, 2015).

Cabe ainda ressaltar que as empresas estão cientes da relevância do cultivo das competências e habilidades do engenheiro de produção, mas apontam deficiências nestes profissionais, especialmente em relação às competências, como “compreender a inter-relação dos sistemas de produção com o meio ambiente, atentando para a exigência de sustentabilidade” (Santos, 2015). Em vista disso, uma maior flexibilidade na construção do currículo do curso foi um dos principais pontos modificados nas atuais DCN, o que torna necessária a mensuração da efetividade das matrizes curriculares atuais (Pereira *et al.*, 2022).

Nesse aspecto, os cursos de EP têm buscado discutir uma mudança de paradigmas produtivos, buscando agregar à formação técnica característica da área um desenvolvimento humanístico que abrange conhecimentos gerenciais mais amplos e fornecem uma visão holística do sistema produtivo, considerando as implicações sociais e ambientais do fenômeno da produção e a questão da sustentabilidade (Juliano; Melo; Marques, 2017). Esse, portanto, é um dos fatores que faz com que sejam necessários estudos sobre a incorporação da sustentabilidade no currículo dos cursos de EP. Assim, na seção a seguir são explicitados os resultados da pesquisa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O capítulo inicia com uma seção que apresenta os resultados da RSL e consolida a literatura científica pertinente ao objeto de estudo, seguido dos resultados da pesquisa documental a partir das informações do consórcio QUALEN. A segunda seção expõe os resultados da avaliação do nível de incorporação e da relevância dessas práticas no currículo dos cursos de EP no Brasil. A terceira seção descreve os resultados da modelagem *Fuzzy* DEMATEL para determinar o grau de importância e causalidade entre as práticas, visando a priorização daquelas que foram consideradas críticas.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS PRÁTICAS PARA INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE ENGENHARIA

A seção inicial revela os resultados da RSL, destacando as práticas educacionais predominantes nos currículos de engenharia. Posteriormente, expõe as práticas adotadas por um consórcio de universidades europeias e latino-americanas, conforme identificado pela pesquisa documental.

4.1.1 Identificação das práticas na RSL

Conforme análise do portfólio bibliográfico, foi possível mapear as principais práticas para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de Engenharia.

O Quadro 11 mostra as práticas identificadas e fornece uma breve descrição sobre suas principais características bem como exemplos ilustrativos de como cada uma é abordada na literatura. Ademais, são listados os autores que discorrem sobre cada uma destas práticas. Após isso, cada prática é discutida detalhadamente.

A primeira prática identificada foi “**Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade**”. Essa prática diz respeito a aplicação de novas metodologias de ensino e abordagens pedagógicas como uma estratégia a ser utilizada pelos professores visando tornar o processo de ensino-aprendizagem mais atrativo e relevante para os discentes. Assim, a partir do uso de dinâmicas e metodologias interativas busca-se promover uma aprendizagem eficaz, despertando a criatividade e o desenvolvimento de habilidades dos alunos.

Quadro 11 - Práticas para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia

PRÁTICAS	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS	FONTE
1. Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar de novas práticas pedagógicas e metodologias dinâmicas para aprendizado sobre sustentabilidade; - Utilizar de novas metodologias de ensino, tais como: Jogos sérios, Aprendizagem baseada em problemas, Aprendizagem baseada em projetos, Pensamento sistêmico, Aprender-fazendo, Aprendizagem colaborativa, entre outras. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Utilização de um jogo sério (gamificação) para o ensino de educação ambiental; 2) Utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos e aprendizagem colaborativa para ensinar princípios do DS em uma disciplina de Álgebra linear. 	Lozano <i>et al.</i> (2022); Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Arefin <i>et al.</i> (2021); Acosta Castellanos, Queiruga-Dios e Álvarez (2021); Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020); Tasdemir e Gazo, (2020); Tominaga <i>et al.</i> (2021); Pérez-Foguet e Lazzarini (2019); Regueiro <i>et al.</i> (2019); Onyilo <i>et al.</i> (2019); Guerra (2017); Arsat <i>et al.</i> (2017); Von Blottnitz, Case e Fraser (2015); Soria <i>et al.</i> (2013); Watson <i>et al.</i> (2013); Holmberg <i>et al.</i> (2012).
2. Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporar os conceitos de sustentabilidade em várias disciplinas ao longo do currículo (integração horizontal); - Inserir conteúdos sobre sustentabilidade e ODS em disciplinas regulares existentes, promovendo mudança nos conteúdos programáticos e planos de curso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inserção dos conceitos de Avaliação do ciclo de vida (ACV) nas disciplinas do curso de Engenharia Civil; 2) Integração dos conceitos de DS nas práticas de ensino da disciplina de Álgebra Linear de um curso de engenharia no primeiro ano. 	Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Arefin <i>et al.</i> (2021); Rajabifard <i>et al.</i> (2021); Abd-Elwahed e Al-Bahi, (2021); Gómez-Martín <i>et al.</i> (2021); Tominaga <i>et al.</i> (2021); Acosta Castellanos <i>et al.</i> (2020); Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020); Ruiz-Rivas <i>et al.</i> (2020); Ashraf e Alanezi (2020); Pérez-Foguet e Lazzarini (2019); Onyilo <i>et al.</i> (2019); Miñano Rubio <i>et al.</i> (2019); Roure <i>et al.</i> (2018); Thürer <i>et al.</i> (2018); Von Blottnitz, Case e Fraser (2015); Weatheron <i>et al.</i> (2015); Miñano Rubio <i>et al.</i> (2015); Rose, Ryan e Desha (2015); Shields, Verga e Blengini (2014); Lozano e Lozano (2014); Soria <i>et al.</i> (2013); Watson <i>et al.</i> (2013); Sheehan, Schneide e Desha (2012); Gaidajis, Angelakoglou e Aktsoglou (2012); Glassey e Haile (2012); Holmberg <i>et al.</i> (2012); Aurandt e Butlher (2011); Rydhagen e Dackman (2011); Lozano (2010); Manoliadis (2009).
3. Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para o curso	<ul style="list-style-type: none"> - Projetar disciplinas obrigatórias específicas que abordem a temática na formação básica da engenharia; - Criar disciplinas eletivas com enfoques específicos que tratem diretamente da temática. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Criação de uma disciplina eletiva e/ou obrigatória de “Economia Circular” em cursos de Engenharia. 	Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Arefin <i>et al.</i> (2021); Rajabifard <i>et al.</i> (2021); Acosta Castellanos <i>et al.</i> (2020); Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Akeel, Bell e Mitchell (2019); Onyilo <i>et al.</i> (2019); Miñano Rubio <i>et al.</i> (2019); Thürer <i>et al.</i> (2018); Guerra (2017); Von Blottnitz, Case e Fraser (2015); Lozano e Lozano (2014); Soria <i>et al.</i> (2013); Aurandt e Butlher (2011).
4. Criação de cursos introdutórios	<ul style="list-style-type: none"> - Criar um curso de extensão geral básico para o ensino de sustentabilidade; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Criação de um curso introdutório de capacitação, aberto a todos os discentes, sobre “Agenda 2030 e os ODS”. 	Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Arefin <i>et al.</i> (2021); Gómez-Martín <i>et al.</i> (2021); Nikolić e Vukić (2021); Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020); Ashraf e Alanezi (2020); Onyilo <i>et al.</i> (2019); Rose, Ryan e Desha (2015);

PRÁTICAS	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS	FONTE
específicos sobre sustentabilidade	- Criar um curso de capacitação livre em Desenvolvimento Sustentável.	2) Criação de um curso de extensão na área de DS.	Lozano e Lozano (2014); Shields, Verga e Blengini (2014); Soria <i>et al.</i> (2013); Holmberg <i>et al.</i> (2012); Lozano (2010).
5. Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	- Articular diferentes perspectivas sustentáveis por meio de uma abordagem holística, ultrapassando os limites das áreas de conhecimento, permitindo e facilitando a integração total de diferentes conceitos por meio da interação de pessoas de diferentes áreas, buscando resolver problemas reais e criar soluções criativas e inovadoras.	1) Envolvimento de diversos alunos, de diferentes áreas do conhecimento, na busca por soluções sustentáveis para os problemas socioambientais da comunidade local.	Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020); Correa <i>et al.</i> , (2020); Tasdemir e Gazo (2020); Tominaga <i>et al.</i> (2021); Tejedor, Segalàs e Rosas-Casals (2018); Shields, Verga e Blengini (2014).
6. Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	- Realizar estágios e atividades práticas de aula no tema; - Realizar de eventos, conferências, workshops, etc. sobre o tema; - Realizar atividades de campo voltadas para a comunidade externa junto aos discentes.	1) Atividades de campo junto à comunidade local para ensinar princípios do DS para alunos de engenharia; 2) Realização de eventos para conscientização dos alunos sobre a temática da sustentabilidade.	Arefin <i>et al.</i> (2021); Rajabifard <i>et al.</i> (2021); Gómez-Martín <i>et al.</i> (2021); Correa <i>et al.</i> (2020); Roure <i>et al.</i> (2018); Miñano Rubio <i>et al.</i> (2015); Rose, Ryan e Desha (2015); Weatherton <i>et al.</i> (2015); Gaidajis, Angelakoglou e Aktsoğlu (2012).
7. Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	- Desenvolver ações estratégicas para fomentar intencionalmente nos alunos conhecimentos, habilidades e atitudes sustentáveis.	1) Iniciativas de ensino visando o desenvolvimento da competência transversal “sustentabilidade e compromisso social” em alunos dos cursos de Engenharia, na disciplina de Álgebra Linear	Lozano <i>et al.</i> (2022); Zwolinska, Lourenço e Pomykala (2022); Arefin <i>et al.</i> (2021); Acosta Castellanos, Queiruga-Dios e Álvarez (2021); Mukhtar <i>et al.</i> (2020); Pérez-Foguet e Lazzarini (2019); Mukhtar <i>et al.</i> (2019); Soria <i>et al.</i> (2013); Sheehan, Schneide e Desha (2012).

Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais metodologias voltadas para o ensino da sustentabilidade na engenharia encontradas na RSL foram: Aprendizagem baseada em projetos, Aprendizagem baseada em problemas, Jogos Sérios, Aprendizagem colaborativa, Aprender-fazendo, Pensamento sistêmico.

Há a necessidade da aplicação de novas metodologias alternativas como instrumento para o ensino de conceitos de sustentabilidade. Em geral, parece haver consenso sobre a importância da aprendizagem ativa no currículo de engenharia. Isso porque essa abordagem é capaz de ampliar o nível de absorção do conhecimento do aluno quando comparada com metodologias educacionais “tradicionais” que se detém preponderantemente ao aspecto cognitivo da aprendizagem e ensino (Thürer *et al.*, 2018).

Por exemplo, a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL, do inglês *Project Based Learning*) e aprendizagem colaborativa podem ser utilizadas para a integração dos conceitos de DS/sustentabilidade no ensino de disciplinas básicas dos cursos de engenharia (Pérez-Foguet; Lazzarini, 2019). Guerra (2017) investigou a relação entre a aprendizagem baseada em problemas e a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) e a forma como são integrados no currículo de engenharia. A pesquisa apontou que essa metodologia pode ser utilizada para integrar a sustentabilidade no ensino de engenharia (Guerra, 2017).

O estudo de Regueiro *et al.* (2019) desenvolveu uma metodologia de aprendizagem para a sustentabilidade baseada em quatro abordagens: Aprendizagem baseada em projetos, Aprendizagem colaborativa, Aprender-fazendo e Aprendizagem Combinada. Os resultados mostraram que a metodologia obteve aderência dos estudantes.

Contudo, fazer uso dessas metodologias envolve, muitas vezes, um esforço significativo para sua aplicação, gera dificuldades na avaliação individual dos resultados de aprendizagem e suscita a necessidade de participação de *stakeholders* externos. Uma alternativa recomendada para evitar esses problemas é uso de jogos sérios e simulações para o ensino (Thürer *et al.*, 2018). Por exemplo, pode-se fazer uso de um jogo sério com o objetivo de ensinar educação ambiental por meio da gamificação, ou o uso da dinâmica de sistemas para o ensino da EDS.

A segunda prática, **inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso**, trata-se da introdução dos conceitos sobre sustentabilidade e ODS em várias disciplinas ao longo do currículo, promovendo alterações nas ementas, conteúdos programáticos e planos de ensino. A incorporação desses conceitos é adaptada à natureza de cada disciplina em específico; assim, pode estar diretamente relacionada às dimensões da sustentabilidade/DS, ou então perpassam pelas disciplinas indiretamente, tratando da temática por meio dos ODS que estejam mais relacionados aos conteúdos

ministrados. Essa prática também tem sido denominada de integração horizontal, tendo em vista que pretende entrelaçar os conceitos de sustentabilidade ao longo do currículo, de modo transversal, a partir da inserção da temática nos conteúdos programáticos e ementas de disciplinas existentes nos cursos (Rose; Ryan; Desha, 2015; Lozano, 2014; Watson *et al.*, 2013).

Exemplos dessa prática podem ser vistos em Pérez-Foguet e Lazzarini (2019), que descreveram a integração dos conceitos de sustentabilidade/DS nas práticas de ensino da disciplina de Álgebra Linear do primeiro ano de um curso de engenharia. Gómez-Martín *et al.* (2021) analisaram como os ODS podem ser incorporados ao currículo do curso de Engenharia Civil da Universitat Politècnica de València. Para isso, propuseram ações para a introdução de conteúdos relacionados a Agenda 2030 transversalmente e realizaram mudanças nas disciplinas visando incorporar os ODS nos resultados de aprendizagem dos alunos. Com base nos resultados da RSL, essa prática é a mais recorrente, sendo abordada por 31 estudos do portfólio final.

A criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para o curso, ao contrário da integração horizontal, diz respeito a projetar e criar disciplinas obrigatórias e/ou eletivas específicas, dentro da matriz curricular do curso, que tratem diretamente sobre a temática da sustentabilidade. Um exemplo dessa prática pode ser a criação de uma disciplina de “Introdução à Engenharia Sustentável” dentro do currículo de engenharia (Akeel; Bell; Mitchell, 2019; Onyilo *et al.*, 2019) ou, ainda, uma disciplina eletiva ou obrigatória de “Economia circular”, visto que possui relação direta com a sustentabilidade (Campos, 2021; Campos *et al.*, 2023).

Essa prática também tem sido amplamente sugerida para de sanar a ausência de conhecimento sobre sustentabilidade entre os estudantes de engenharia. Constatou-se que 15 estudos selecionados para compor o *corpus* de análise dos artigos recomendam a implementação dessa prática. Watson *et al.* (2013) abordaram a criação de uma disciplina obrigatória para o currículo de engenharia que apresentou aos alunos a sustentabilidade a partir de uma perspectiva de sistemas e uma disciplina optativa intitulada de “Engenharia Sustentável”, na qual incluiu tópicos como ecologia industrial, gerenciamento de sistemas terrestres, Avaliação do ciclo de vida (ACV) e análise de fluxo de materiais.

Onyilo *et al.* (2019) destacaram que uma maneira de realizar uma intervenção na educação em engenharia e melhorar o conhecimento sobre sustentabilidade seria a criação de uma disciplina de “Introdução à Engenharia Sustentável”, preferencialmente nos estágios nos quais os estudantes se deparam com os conteúdos centrais do curso. Um outro exemplo sobre a aplicação dessa prática ocorreu na Universidade de Wilhelm Büchner, na qual foi criada a

disciplina de “eficiência energética e sustentabilidade” no bacharelado em economia e gestão de energia (Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020).

A quarta prática elencada foi a **Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade**, visando capacitar os alunos a partir de um curso de extensão básico com conteúdo introdutório a respeito do assunto ou na oferta de um curso avançado, tornando os alunos especialistas em sustentabilidade/DS. Pode-se citar o curso “gestão da sustentabilidade”, aberto a todos os alunos de uma faculdade e o curso “A arte da tomada de decisão sustentável”, que buscou fomentar o pensamento sistêmico, intimamente relacionado com a sustentabilidade, também aberto para alunos de todas as faculdades (Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020).

Gómez-Martín *et al.* (2021) mostraram que na Universitat Politècnica de València foi criado um curso de extensão introdutório destinado ao público em geral, com duração de 6 semanas, tratando dos desafios dos ODS no cenário atual da cooperação para o desenvolvimento. Esse curso teve como intuito disponibilizar um primeiro conhecimento sobre a Agenda 2030 e os ODS. Alinhado a isso, Soria *et al.* (2013) propuseram a inclusão de um curso preparatório em DS com a participação de estudantes de diferentes cursos, trazendo diferentes pontos de vista. Essa prática também foi recorrente nos artigos analisados, sendo abordada por 13 estudos do portfólio final.

Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo refere-se à implementação do ensino sobre sustentabilidade a partir de uma abordagem abrangente, buscando unir conhecimento científico e prática para resolver problemas reais e propor soluções inovadoras, considerando múltiplas perspectivas e as diversas áreas do saber. Nesse sentido, a aplicação dessa prática é orientada para o problema, buscando sua resolução de um modo holístico, sem segregar o ensino em blocos distintos de estudo, mas associando as diferentes áreas visando uma integração total que transcende os limites disciplinares e focaliza no paradigma da sustentabilidade.

Desse modo, gera o envolvimento de alunos de diferentes áreas do conhecimento na busca por soluções sustentáveis para os problemas socioambientais de comunidades locais. Isenmann, Landwehr-Zloch e Zinn (2020) citaram a Universidade de Munique, onde as ações transdisciplinares de ensino e aprendizagem para EDS são desenvolvidas a partir da formação de equipes de alunos de diferentes áreas de estudo e faculdades, no qual participam de projetos e cursos de forma supervisionada, guiada e individualizada, levando em consideração os aspectos da sustentabilidade.

Como sugestão para aplicação dessa prática pode-se citar, por exemplo, o envolvimento de estudantes na restauração de ambientes florestais e geração de renda para pequenos

produtores de uma área urbana degradada, visando a gestão da sustentabilidade urbana. Outro exemplo é a participação em projetos e pesquisas com alunos de diversas áreas do conhecimento, unindo conhecimento acadêmico e ações práticas, no desenvolvimento de soluções inovadoras para o alto índice de resíduos sólidos produzidos em uma localidade, visto que afeta a saúde da população e gera altos índices de desperdício de materiais e recursos. (Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020; Tejedor; Segalàs; Rosas-Casals, 2018)

Embora essa prática tenha sido menos recorrente devido à dificuldade de sua aplicação, autores têm destacado seu importante papel no desenvolvimento do currículo e preparo dos futuros profissionais de engenharia (Tominaga *et al.*, 2021; Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020; Correa *et al.*, 2020; Tasdemir; Gazo, 2020; Tejedor; Segalàs; Rosas-Casals, 2018; Shields; Verga; Blengini, 2014).

A sexta prática elencada refere-se à **Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos**. Essa prática constitui-se de iniciativas pedagógicas que promovem atividades extracurriculares, fomentando o aprendizado do aluno a partir de seu envolvimento com o mundo real. Enfatiza, então, a necessidade de uma abordagem que transcenda o ensino teórico e ultrapasse as atividades dentro de sala de aula, viabilizando o ensino por meio tarefas e ações práticas.

Logo, inclui-se nessa categoria a realização de estágios e atividades práticas no tema (como projetos, seminários, gincanas, desafios, etc.), buscando relacionar o conhecimento teórico às atividades que os futuros profissionais experimentarão no exercício da profissão (Gómez-Martín *et al.*, 2021). Um outro aspecto que também diz respeito a essa prática é a realização de conferências, workshops, palestras e demais tipos de eventos sobre o tema (Rajabifard *et al.*, 2021). Ainda, e não menos importante, enquadra-se nessa categoria a execução de atividades de campo para o aprendizado dos estudantes (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Rajabifard *et al.* (2021) apontaram a importância de discutir sobre sustentabilidade e ODS através de palestras como passos iniciais para a conscientização dos alunos sobre o tema. Corroborando com isso, Gómez-Martín *et al.* (2021) destacaram a realização de conferências, mesas redondas e workshops sobre a Agenda 2030 e os ODS, visando garantir que desde o primeiro ano de estudo no curso de engenharia os alunos teriam um conhecimento básico e homogêneo do assunto. Os autores ainda apontam a necessidade de desenvolver atividades práticas, como estágios, relacionadas aos ODS dentro do currículo.

Destaca-se também que outra iniciativa prática relevante é o envolvimento com a indústria e o desenvolvimento de atividades de pesquisa. Os departamentos de engenharia

podem expandir seu foco na sustentabilidade por meio dessas ações, e por consequência, aumentar a conscientização dos alunos (Ashraf; Alanezi, 2020). Nessa linha, oferecer atividades extracurriculares (como seminários, projetos, concursos, estágios, etc.) que abordem temas de relevância social ou ambiental e estimulem o contato com problemas reais é visto como essencial, tanto por educadores como estudantes (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Desse modo, com base na análise de conteúdo, constatou-se que muitos autores têm destacado a necessidade da incorporação dessa prática no currículo. É a segunda prática mais sugerida no *corpus* de artigos analisados, com 16 estudos recomendando sua implementação. Têm-se visto um crescimento na aplicação dessa prática, sobretudo nos últimos anos.

A última prática elencada foi o **estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno**. Essa prática refere-se ao incentivo de ações estratégicas para desenvolver nos futuros engenheiros um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes de modo a capacitá-los na resolução problemas socioambientais complexos que surgem em diferentes contextos e situações. Nesse aspecto, foca em iniciativas de ensino que buscam capacitar os alunos para lidarem apropriadamente com os desafios da sustentabilidade. Portanto, sua ênfase está em ações intencionais de ensino destinadas a desenvolver competências necessárias para que a sustentabilidade seja traduzida na prática profissional desses alunos.

Contatou-se que a literatura tem apontado essa prática como um caminho factível para a incorporação da sustentabilidade no ensino de engenharia. Miñano-Rubio *et al.* (2019) apontaram que trabalhar com foco no desenvolvimento de competências de sustentabilidade nas disciplinas é uma prática sugestiva. Nessa direção, Lozano *et al.* (2022) desenvolveram uma pesquisa em 13 IES de 12 países, analisando o processo de integração do currículo a partir da relação entre abordagens pedagógicas e competências de sustentabilidade.

Em um outro estudo foi apresentada uma experiência de implementação de competências de sustentabilidade em cursos de engenharia da Universidade Politécnica de Madri (Miñano Rubio *et al.*, 2015). Na pesquisa supracitada, os autores abordaram os conhecimentos, habilidades e atitudes relacionadas às questões éticas, sociais e ambientais da prática da engenharia junto aos alunos. Mukhtar *et al.* (2019) investigaram as competências adequadas em sustentabilidade para incorporação no currículo de engenharia elétrica/eletrônica na Nigéria, dividindo-as em competências cognitivas, psicomotoras e afetivas. Portanto, baseado na análise dos artigos que emergiram da RSL, percebe-se que muitos autores sugerem que a formação de futuros engenheiros e o ensino em EDS seja voltado para a noção de competências de sustentabilidade.

De posse da descrição detalhada acerca de cada uma das práticas elencadas, buscou-se sintetizar os resultados encontrados na RSL e mostrar a frequência das práticas nos estudos analisados. Para fins didáticos e melhor visualização, optou-se por em escala temporal de cinco anos. Assim, o Gráfico 2 mostra a frequência que as práticas foram mencionadas ao longo dos anos, com base no portfólio de estudos analisados.

Gráfico 2 - Frequência das práticas nos estudos analisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme exposto no Gráfico 2, a prática mais recorrente nos estudos foi a inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso. Ao todo, 31 estudos mencionaram essa prática. A maioria dos autores enfatizam a necessidade da incorporação dessa prática em virtude de entenderem que é vital incorporar o conteúdo no currículo a partir da transversalidade (Nikolić; Vukić, 2021; Weatherton *et al.*, 2015; Soria *et al.*, 2013; Shields; Verga; Blengini, 2014).

Essa prática tem sido considerada por muitas IES uma alternativa factível para que novos materiais sejam introduzidos no currículo, sem, no entanto, ser necessário criar mais disciplinas para os cursos. Ademais, a inserção dessa prática assegura que os conceitos de sustentabilidade não sejam expostos somente em disciplinas específicas (Weatherton *et al.*, 2015). Visto que oferece uma alternativa para abranger a sustentabilidade ao longo do currículo sendo considerada uma iniciativa acessível e realista por parte dos educadores, a aplicação dessa prática tem sido fortemente recomendada nas pesquisas. Quanto a distribuição das publicações

ao longo dos anos, percebe-se que ela foi mencionada tanto em estudos mais antigos como recentes, existindo certa uniformidade no que se refere a sua menção.

A aplicação de metodologias alternativas para o ensino foi a segunda prática mais recorrente, sendo mencionada em 16 estudos. Com base no Gráfico 2, é visto que nos últimos anos houve uma ênfase maior para incorporação dessa prática, com a maioria dos estudos nos últimos três anos. Isso decorre de uma preocupação em demonstrar que não somente práticas que focalizam na inserção de conteúdo merecem atenção. Pelo contrário, o aspecto metodológico tem sido destacado, buscando identificar quais são as formas mais adequadas para ensinar sobre sustentabilidade; ou seja, quais metodologias de ensino podem favorecer o ensino da sustentabilidade nos cursos de engenharia, visto que o aprendizado dos alunos para questões sobre sustentabilidade também depende da metodologia a ser adotada. Por isso, diversas pesquisas têm apontado que essa prática é crucial para incorporar a sustentabilidade no ensino de engenharia (Arefin *et al.*, 2021; Rajabifard *et al.*, 2021; Gómez-Martín *et al.*, 2021; Correa *et al.*, 2020).

Nota-se que a criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para os cursos também foi recorrente nos estudos. Observa-se que, geralmente, essa prática decorre de ações iniciais de IES para inserção da sustentabilidade no currículo. Ainda que seja considerada uma prática insuficiente quando aplicada sozinha, dependendo da aplicação de outras práticas para gerar ações sustentáveis efetivas no currículo de engenharia, universidades de excelência adotaram essa prática no currículo como medida inicial para incorporação da sustentabilidade (Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020; Onyilo *et al.*, 2019; Miñano Rubio *et al.*, 2019). Isso demonstra a relevância dessa prática e a razão pela qual tem sido frequentemente mencionada nas pesquisas.

A criação de cursos específicos foi abordada em 13 estudos. Diante da falta de conhecimento dos alunos sobre as questões de sustentabilidade têm-se buscado primeiramente fornecer cursos preparatórios específicos no tema. Ademais, quando estudantes desejam se aprofundar na temática, é necessário que eles se especializem a partir de cursos avançados sobre a temática (Lozano; Lozano, 2014). Desse modo, essa prática tem sido comumente proposta quando se detecta um significativo déficit no conhecimento dos alunos sobre a sustentabilidade, tornando-se necessária uma formação básica dos estudantes (Ashraf; Alanezi, 2020). Isso pode indicar porque essa prática tem sido enfatizada tantos em estudos recentes como mais antigos, tendo em vista que diferentes universidades identificam essa necessidade em diferentes momentos e buscam aplicar essa prática a partir de seu contexto específico.

Iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos foi elencada por 9 estudos do portfólio. Destes, 4 artigos foram pesquisas publicadas a partir do ano de 2020. Pesquisas têm enfatizado que promover o conhecimento sobre sustentabilidade por meio de atividades extracurriculares práticas é uma condição para o desenvolvimento dos alunos (Rajabifard *et al.*, 2021; Ashraf; Alanezi, 2020; Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Semelhantemente, o estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade também foi mencionado em 9 estudos. A partir da análise dos estudos, observa-se que quando se trata da sustentabilidade no ensino superior há uma tendência no desenvolvimento de pesquisas que tratem sobre competências de sustentabilidade (Lozano *et al.*; 2022; Zwolinska; Lourenço; Pomykala, 2022; Arefin *et al.*, 2021; Acosta Castellanos; Queiruga-Dios; Álvarez, 2021). Quando se refere ao ensino de engenharia especificamente, cresce a quantidade de recomendações para o ensino seja estruturado por meio de competências como forma de se ter um aferidor do aprendizado sobre sustentabilidade desses futuros profissionais. Essa tendência é confirmada na análise de conteúdo, onde constatou-se que mais da metade dos estudos que mencionaram essa prática foram desenvolvidos nos últimos três anos.

As ações transdisciplinares no desenvolvimento do currículo foi a prática menos recorrente nos estudos. Embora tenha-se apontado a necessidade de promover a sustentabilidade no currículo de engenharia a partir de uma abordagem da transdisciplinar (Shields; Verga; Blengini, 2014), estudiosos reconhecem a dificuldade da aplicação dessa prática na realidade de cada IES (Tominaga *et al.*, 2021). Aliado a isso, Tejedor, Segalàs e Rosas-Casals (2018) mostraram que a incorporação dessa prática ainda está nos estágios nas IES, apontando a carência de mais pesquisas na área. Assim, ainda que seja reconhecida a indispensabilidade da transdisciplinaridade no currículo de engenharia, esses fatores contribuem para uma menor ênfase dessa prática nos estudos.

Desse modo, foi possível expor os principais achados provenientes da RSL. Cabe dizer que os resultados aqui apresentados serão discutidos com maior profundidade no capítulo 5, seção 5.1. Assim, após apresentar os resultados da RSL a partir da análise dos artigos selecionados, a seção 4.1.2 apresenta os resultados da pesquisa documental realizada a partir dos dados do Projeto QUALENV.

4.1.2 Resultados da pesquisa documental

O projeto QUALENV atende questões diretamente relacionadas ao ensino e aprendizagem. Dentre elas, cita-se o desenvolvimento, implementação e monitoramento de estratégias customizadas de longo prazo para consolidar e inovar currículos com conteúdos e

recursos relacionados à sustentabilidade em um nível geral, mas também em área científica em nível de programa e cursos (QUALENV, 2020). Logo, também está rigorosamente atrelado ao objetivo desse estudo, que focaliza no currículo de engenharia.

Um dos pressupostos assumidos na criação do consórcio é o fato de que o sucesso da melhoria da sustentabilidade nas IES depende, em grande medida, das atividades de ensino e aprendizagem. Por isso, parte intrínseca dele consiste em desenvolver materiais educacionais e práticas de ensino sobre sustentabilidade.

Para desenvolvimento de ações educacionais voltadas ao ensino da sustentabilidade, cada IES realizou um mapeamento das atividades educacionais desenvolvidas em relação aos ODS. Com base nesse mapeamento e nas necessidades identificadas no contexto de cada universidade, foram criadas estratégias para direcionar as ações sobre sustentabilidade/DS no currículo. Nesse sentido, a aplicação de práticas para inserção da sustentabilidade em cada universidade parceira foi sendo implementada ao longo do projeto. Essas práticas foram sendo aperfeiçoadas, fornecendo a base para atualização curricular por meio do corpo docente representado por cada um dos parceiros.

Vale salientar ainda que, nessa pesquisa documental buscou-se verificar se foram desenvolvidas outras práticas no QUALENV, além das que foram listadas na Fase 1. Duas práticas foram identificadas. No entanto, foram desconsideradas porque fogem do escopo definido nessa pesquisa. Trata-se do estímulo à criação de linhas de pesquisa na área de DS nos programas de pós-graduação e do treinamento e capacitação em sustentabilidade de professores e equipe administrativa das IES.

A primeira prática foi desconsiderada, tendo em vista que este trabalho é voltado aos cursos de graduação e com ênfase no ensino. Quanto à segunda prática identificada, o consórcio buscou oferecer habilitação e treinamento na área de DS para os docentes. No entanto, o desenvolvimento de ações para preparo e formação dos docentes antecede à incorporação de práticas pedagógicas no currículo, uma vez que o corpo docente é um ator fundamental para a criação e desenvolvimento dessas práticas, sendo necessário prepará-lo previamente para então realizar iniciativas de incorporação da sustentabilidade no currículo dos cursos.

O Quadro 12 mostra as práticas que foram aplicadas no consórcio QUALENV, fornecendo exemplos ilustrativos de como foram incorporadas nas universidades integrantes do projeto. Além disso, foi possível listar os documentos que trataram de cada uma das práticas.

Quadro 12- Práticas para inserção da sustentabilidade adotadas no consórcio QUALENV

PRÁTICAS	DESCRIÇÃO	DOCUMENTOS QUE ABORDAM ESSA PRÁTICA	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS DAS PRÁTICAS NO QUALENV
1. Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<p>- Aplicar novas práticas pedagógicas e metodologias dinâmicas para aprendizado sobre sustentabilidade;</p> <p>- Utilizar novas metodologias de ensino, tais como: Jogos sérios, Aprendizagem baseada em problemas, Aprendizagem baseada em projetos, Pensamento sistêmico, entre outras.</p>	<p>1) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – ULIMA;</p> <p>2) Matriz de Objetivos Estratégicos-Indicadores-Projetos.</p>	<p>1) ULIMA desenvolveu um jogo sério baseado em um aplicativo (app) para conscientizar a comunidade universitária sobre os ODS por meio da gamificação;</p> <p>2) Curso aberto transversal sobre sustentabilidade do QUALENV baseou-se na Metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos</p>
2. Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas dos cursos	<p>- Incorporar os conceitos de sustentabilidade em várias disciplinas ao longo do currículo (integração horizontal);</p> <p>- Inserir conteúdos sobre sustentabilidade e ODS em disciplinas regulares existentes, promovendo mudança nos conteúdos programáticos e planos de curso.</p>	<p>1) Escopo da parte educacional do Change the Climate;</p> <p>2) WP2.3 Evolução do plano inicial v.3;</p> <p>3) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade - UFSC;</p> <p>4) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNISABANA;</p> <p>5) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UCR;</p> <p>6) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – ULIMA;</p> <p>7) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – BUAP;</p> <p>8) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNISUL;</p> <p>9) Matriz de Objetivos Estratégicos-Indicadores-Projetos;</p> <p>10) Mudar o clima: Garantindo a qualidade das estratégias ambientais no ensino superior latino-americano QUALENV.</p>	<p>1) BUAP realizou adequações curriculares transversais de ensino-aprendizagem para atualizar seus planos didáticos, incorporando em 68 disciplinas a temática da sustentabilidade;</p> <p>2) ULIMA adequou os conteúdos e metodologias de ensino das disciplinas dos cursos de graduação com os princípios e políticas de sustentabilidade da Universidade;</p> <p>3) UNISUL Inseriu conhecimentos sobre ODS em planos de aula de disciplinas da graduação e pós-graduação.</p>
3. Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para os cursos	<p>- Projetar disciplinas obrigatórias específicas que abordem a temática na formação básica da engenharia;</p> <p>- Criar disciplinas eletivas com enfoques específicos que</p>	<p>1) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade - UFSC;</p> <p>2) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNA;</p> <p>3) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNISUL.</p>	<p>1) UFSC propôs dotar os cursos de graduação e pós-graduação com disciplinas sobre os temas de gestão ambiental e sustentabilidade;</p>

PRÁTICAS	DESCRIÇÃO	DOCUMENTOS QUE ABORDAM ESSA PRÁTICA	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS DAS PRÁTICAS NO QUALENV
	tratam diretamente da temática.		2) UNISUL promoveu a criação de disciplinas eletivas sobre os ODS para os alunos.
4. Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade	<p>- Criar um curso de extensão geral básico para o ensino de sustentabilidade;</p> <p>- Criar um curso de capacitação livre em Desenvolvimento Sustentável.</p>	<p>1) Escopo da parte educacional do <i>Change the Climate</i>;</p> <p>2) WP2.3 Evolução do plano inicial v.3;</p> <p>3) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UFSC;</p> <p>4) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UCR;</p> <p>5) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNA;</p> <p>6) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – ULIMA;</p> <p>7) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UDG;</p> <p>8) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – BUAP;</p> <p>9) Matriz de Objetivos Estratégicos-Indicadores-Projetos;</p> <p>10) Design instrucional M03_ SESSÃO TEÓRICA E WORKSHOP_V02;</p> <p>11) Curso Sustentabilidade - QualEnv 2.3.4;</p> <p>12) Módulos SuliQuiz para o curso aberto;</p> <p>13) Mudar o clima: Garantindo a qualidade das estratégias ambientais no ensino superior latino-americano QUALENV.</p>	<p>1) O QUALENV desenvolveu um Curso aberto transversal sobre sustentabilidade;</p> <p>2) UDG ofereceu o curso Gestão Integral de Resíduos;</p>
5. Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	- Articular diferentes perspectivas sustentáveis por meio de uma abordagem holística, ultrapassando os limites das áreas de conhecimento, permitindo e facilitando a integração total de diferentes conceitos por meio da interação de pessoas de diferentes áreas, buscando resolver problemas reais e criar soluções criativas e inovadoras.	Não foram identificadas ações sustentáveis transdisciplinares nos documentos analisados	
6. Promoção de iniciativas práticas e	- Realizar estágios e atividades práticas de aula no tema;	<p>1) Escopo da parte educacional do <i>Change the Climate</i>;</p> <p>2) WP2.3 Evolução do plano inicial v.3;</p>	UFSC fomenta a participação da comunidade universitária em áreas

PRÁTICAS	DESCRIÇÃO	DOCUMENTOS QUE ABORDAM ESSA PRÁTICA	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS DAS PRÁTICAS NO QUALENV
atividades sustentáveis com os alunos	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar eventos, conferências, workshops, etc. sobre o tema; - Realizar atividades de campo voltadas para a comunidade externa junto aos discentes. 	<ul style="list-style-type: none"> 3) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade - UFSC; 4) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNA; 5) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – ULIMA; 6) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNISUL; 7) Matriz de Objetivos Estratégicos-Indicadores-Projetos; 8) Mudar o clima: Garantindo a qualidade das estratégias ambientais no ensino superior latino-americano QUALENV. 	<p>externas de conservação ambiental para prática de ensino;</p> <p>ULIMA desenvolveu programa de iniciativas estudantis para aumentar a sustentabilidade no campus e na comunidade externa;</p> <p>Realização de diversos eventos sobre a temática no projeto QUALENV</p>
7. Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver ações estratégicas para fomentar intencionalmente conhecimentos, habilidades e atitudes sustentáveis nos alunos. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Escopo da parte educacional do Change the Climate; 2) WP2.3 Evolução do plano inicial v.3); 3) Co-construção do plano de tarefas do módulo "Tornando-se uma universidade compatível com SDG"; 4) América Latina rumo à sustentabilidade; 5) “Produzindo de 3 a 5 módulos temáticos que abranjam todos ou a maioria dos programas universitários”; 6) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – UNA; 7) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – ULIMA; 8) Plano Estratégico de Educação para a Sustentabilidade – BUAP; 9) Matriz Fundamental e Mapeamento de ODS do SULITEST; 10)Matriz de Objetivos Estratégicos-Indicadores-Projetos 11) Mudar o clima: Garantindo a qualidade das estratégias ambientais no ensino superior latino-americano QUALENV. 	<p>Utilização da ferramenta de treinamento e alfabetização em sustentabilidade SULITEST para desenvolver conhecimentos, habilidades e competências sustentáveis nos alunos</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale lembrar que foram selecionados 42 documentos produzidos no QUALENV. A lista completa desses documentos pode ser vista no APÊNDICE B. Esses documentos foram lidos em sua totalidade, de modo a garantir uma leitura em profundidade, com o intuito identificar as práticas adotadas e os ODS mais destacados. Desse modo, essa análise possibilitou a discussão sobre as principais ações que estão sendo implementadas no ensino superior para incorporar a sustentabilidade no ensino

Tratando da **aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade**, nota-se que no contexto do QUALENV a aplicação dessa prática foi vista como fundamental para o ensino e melhoria da educação em sustentabilidade em cada universidade parceira, sendo estimulada quando do desenvolvimento de ações pedagógicas para conscientização da comunidade universitária.

Por isso, o consórcio desenvolveu um curso aberto transversal sobre sustentabilidade disponibilizado para todas as IES participantes no qual adotou-se a metodologia de aprendizagem baseada em projetos. O foco foi a contribuição e aprendizado mútuos, de maneira que cada universidade desenvolvesse outras iniciativas de ensino no currículo a partir dessa abordagem e/ou outras metodologias de aprendizagem ativa semelhantes

Houve também iniciativas educativas a partir do desenvolvimento de jogos sérios para o ensino da sustentabilidade. Destaca-se a ação coordenada pelo departamento de engenharia industrial da Universidad de Lima (ULIMA), que desenvolveu um aplicativo (app) cujo objetivo foi conscientizar a comunidade universitária sobre os ODS de forma divertida por meio da gamificação, capacitando os alunos no conhecimento sobre os ODS.

No âmbito do projeto, a partir do aprendizado mútuo e compartilhamento de experiências exitosas, cada universidade deveria apresentar um plano de ação para o desenvolvimento de estratégias direcionadas para a sustentabilidade na educação. Como parte integrante desse plano, constatou-se que as IES participantes dispenderam esforços para incorporar os conceitos de sustentabilidade em várias disciplinas ao longo do currículo, promovendo adequações nos conteúdos programáticos e planos de curso.

Assim, a **inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas dos cursos** foi uma prática aplicada pelas universidades do QUALENV, sendo identificada em 10 documentos produzidos no projeto. Cita-se a Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), que realizou adequações curriculares no ambiente educacional, desenhando estratégias transversais de ensino-aprendizagem que atendem aos princípios da EDS para atualizar suas sequências didáticas. Decorrente disso, foram realizados ajustes curriculares para abordar a EDS transversalmente no ambiente educacional, de modo que 68

novas disciplinas trabalhadas nos cursos de graduação foram acrescentadas às 278 disciplinas que abordavam a temática da sustentabilidade, subindo para 7,4% a proporção de disciplinas que tratam da sustentabilidade sobre o número total de disciplinas no currículo.

A Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) inseriu conhecimentos e práticas sobre ODS em planos de aula de disciplinas dos cursos de graduação e pós-graduação. Semelhantemente, a Universidad Nacional de Costa Rica (UMA) implementou temáticas de sustentabilidade nos cursos e disciplinas oferecidos. Ainda, merece destaque o projeto “inovação curricular para adequação dos tópicos e avaliação das disciplinas rumo à sustentabilidade” da ULIMA, que alinhou os conteúdos e metodologias de ensino das disciplinas dos cursos de graduação com os princípios e políticas de sustentabilidade da universidade. Essas iniciativas foram desenvolvidas a partir das atividades propostas no consórcio, o que atesta o cultivo desta prática ao longo do QUALENV.

Prática similar a esta é a **criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para os cursos**. No QUALENV, cada universidade integrante era responsável por fazer um diagnóstico sobre quais ações relacionadas à sustentabilidade estavam sendo realizadas em seus campi, bem como identificar as fragilidades do conhecimento da comunidade acadêmica sobre sustentabilidade a partir do resultado de um teste de alfabetização feito por meio da ferramenta SULITEST. Com base nas demandas identificadas a partir desse diagnóstico, o próximo passo era desenvolver conteúdos e materiais educacionais sobre sustentabilidade adequados ao seu contexto e situação de cada IES.

Desse modo, as IES se dispuseram a projetar disciplinas obrigatórias e/ou eletivas específicas sobre a temática. No contexto brasileiro, por exemplo, a UFSC se propôs a ampliar a quantidade de disciplinas sobre os temas de gestão ambiental e sustentabilidade nos cursos de graduação e pós-graduação e a UNISUL promoveu a criação de novas disciplinas eletivas sobre os ODS para os alunos.

A **criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade** foi uma prática desenvolvida no consórcio, na qual todas as universidades participantes estiveram envolvidas. Como parte da estratégia de curto prazo para entrega de um produto relacionado à melhoria da EDS em cada universidade, foi desenvolvido um curso transversal sobre sustentabilidade, aberto e padronizado, dirigido à comunidade acadêmica. Cada universidade parceira participou da construção do curso.

O objetivo do curso foi estabelecer um consenso sobre sustentabilidade, sua importância e os desafios mais significativos que giram em torno do tema, de acordo com as necessidades específicas da América Latina identificadas pelas IES. Assim, o curso tratou do tema

“Juventude para um estilo de vida sustentável” e teve como objetivo mobilizar ações sobre os ODS por meio de mudanças de comportamento em aspectos da vida diária. Esse curso introdutório forneceu uma base comum sobre sustentabilidade para o todo consórcio durante e após a finalização do projeto.

Foram criados outros cursos básicos. Por exemplo, a Universidad de Guadalajara (UDG) implementou um curso sobre gestão integral de resíduos, ofertado para empresários, empreendedores e estudantes. O objetivo do curso foi expandir a EDS na sociedade local, instituições e empresas, transmitindo as bases teórico-práticas para a gestão de resíduos sólidos.

No que diz respeito à **promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos**, diversos eventos foram produzidos no intuito de capacitar as universidades e compartilhar experiências para introdução da sustentabilidade na educação. Tais eventos ocorreram ao longo do andamento do projeto.

Dentre eles, cita-se o workshop realizado em janeiro de 2021 na cidade de Lima, Peru, com o objetivo de fornecer aos participantes diferentes ferramentas na construção de um plano estratégico de educação para a sustentabilidade. Nele, disponibilizou-se espaços de diálogo e reflexão para identificar lacunas, prioridades e oportunidades para fortalecer a EDS; identificou-se objetivos estratégicos e indicadores relacionados à EDS; e discutiu-se sobre projetos que poderiam contribuir para o alcance das estratégias e dos objetivos estabelecidos.

Ressalta-se também que cada universidade desenvolveu iniciativas práticas de acordo com a sua realidade. A ULIMA promoveu iniciativas lideradas por estudantes para aumentar a sustentabilidade no *campus*. Essas iniciativas foram realizadas por meio da conscientização da comunidade, consultoria para o desenvolvimento de projetos e reconhecimento de projetos e ações de destaque. No contexto brasileiro, a UFSC fomentou a participação da comunidade universitária em áreas externas de conservação ambiental para prática de ensino.

Por fim, outra prática aplicada no QUALENV foi o **estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno**. No consórcio, todas as IES utilizaram a ferramenta de treinamento e alfabetização em sustentabilidade SULITEST para desenvolver conhecimentos, habilidades e competências sustentáveis nos alunos.

Por meio da aplicação do SULITEST os parceiros buscaram impulsionar o conhecimento de sustentabilidade de sua comunidade acadêmica, identificando áreas a serem priorizadas. Como parte desse processo, traçou-se estratégias para que os discentes colocassem em prática o conhecimento nos diversos contextos e situações no qual estão inseridos. Junto a isto, buscou-se produzir mudanças de comportamento nesses futuros profissionais, de modo que desempenhem um importante papel para um mundo sustentável.

Das práticas encontradas na RSL, apenas uma delas não foi identificada nas atividades desenvolvidas no consórcio, a saber, o desenvolvimento de **ações sustentáveis transdisciplinares no currículo**. Conforme exposto, as IES têm encontrado dificuldades para a incorporação dessa prática no currículo dos cursos, ainda que ela seja considerada imprescindível para a formação dos futuros profissionais.

O QUALENV exemplifica isto. Um consórcio como este pode propiciar um ambiente favorável para o desenvolvimento de ações transdisciplinares no currículo, uma vez que ele envolveu docentes de diferentes países e diversas áreas do conhecimento e forneceu a possibilidade de se estudar a complexidade dos problemas que envolvem a implementação da sustentabilidade nas IES latino-americanas, a partir de uma realidade diversificada, de múltiplas perspectivas e educadores de diferentes áreas do conhecimento.

No entanto, as ações para aplicação dessa prática foram inexistentes ou se restringiram apenas a propostas para implementação futura, não sendo identificadas ações consolidadas para essa questão. A ausência dessa prática no projeto decorreu de limitações advindas da pandemia de Covid-19. Inicialmente as equipes de cada universidade parceira deviam definir sua própria estratégia para a incorporação da sustentabilidade em seu próprio contexto educacional e, após isso, compartilhar as ações junto as demais. Todavia, ocorreram atrasos no andamento das atividades do projeto devido a Covid. Isso impossibilitou que iniciativas como a transdisciplinaridade no currículo fossem efetivamente concretizadas.

4.2 ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO E RELEVÂNCIA DAS PRÁTICAS NO CURRÍCULO DE ENGENHARIA

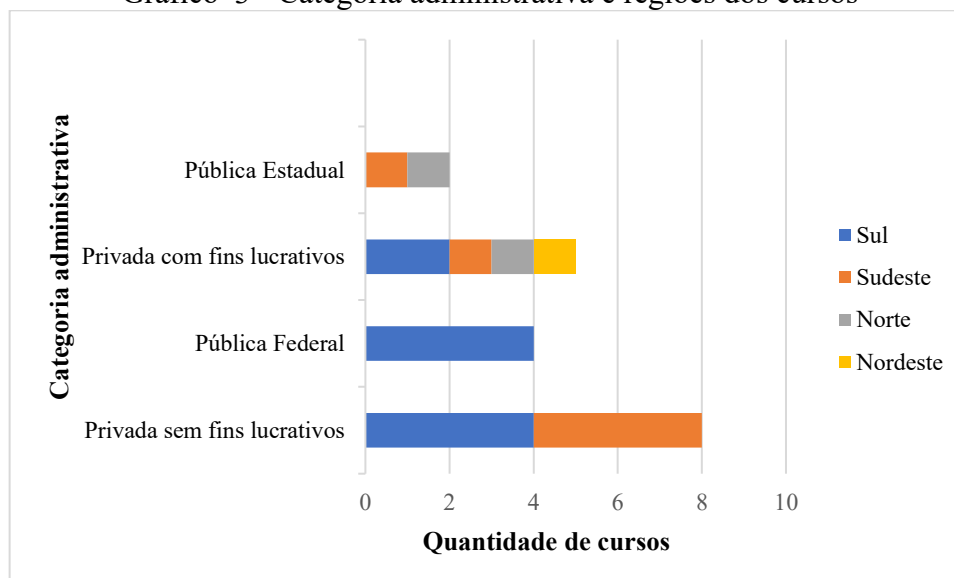
Essa etapa corresponde à análise das respostas dos coordenadores obtidas por meio do questionário e entrevistas. Inicialmente, buscou-se mostrar os ODS mais abordados nos cursos de EP, bem como a percepção dos coordenadores sobre os ODS mais relevantes para o currículo. Além disso, apresenta-se sobre a percepção dos coordenadores sobre a incorporação e relevância das práticas para o currículo de engenharia.

4.2.1 Análise perceptiva sobre a inserção da sustentabilidade nas IES

Baseado na análise dos dados, inicialmente foram extraídas informações acerca dos cursos analisados. Constatou-se que a maioria dos cursos estudados estão localizados na região Sul (52,6%) e Sudeste (31,6%), o que era esperado, tendo em vista que essas são as regiões onde se tem maior concentração dos cursos de EP. No que se refere à categoria administrativa,

houve distribuição similar de IES públicas e privadas. O Gráfico 3 expõe a distribuição dos cursos estudados por categoria administrativa e região do país.

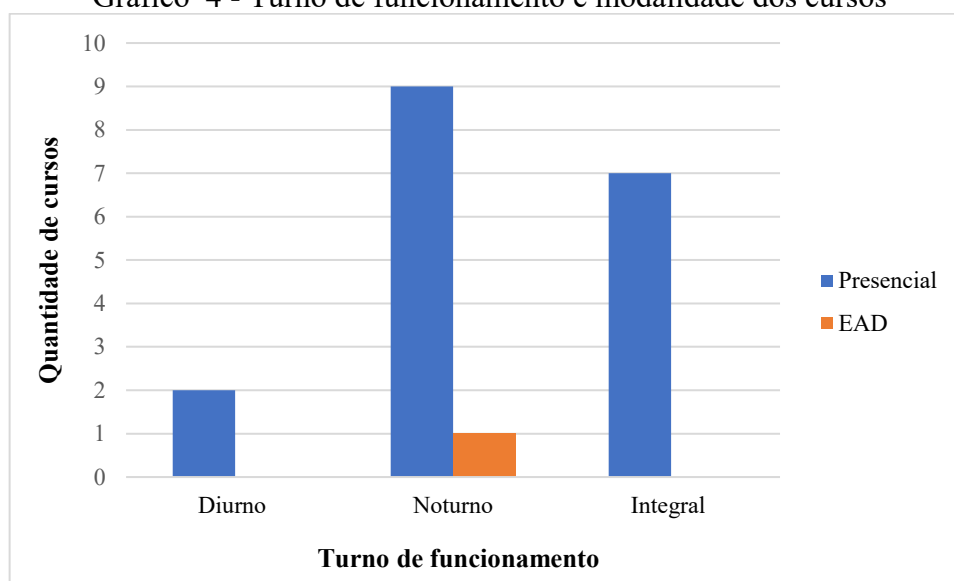
Gráfico 3 - Categoria administrativa e regiões dos cursos



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange à modalidade dos cursos, há uma predominância de cursos presenciais. Tal aspecto é consistente com a distribuição de cursos no Brasil, que funcionam majoritariamente no formato presencial, conforme exposto na seção 2.2 desse trabalho. Ainda, vale dizer que os cursos analisados funcionam em sua maioria no período noturno (52,2 %), cursos integrais correspondem à 36,8% e aqueles que funcionam no período diurno constituem 10,5% da amostra. No Gráfico 4 consta as informações referentes ao turno de funcionamento e à modalidade dos cursos estudados.

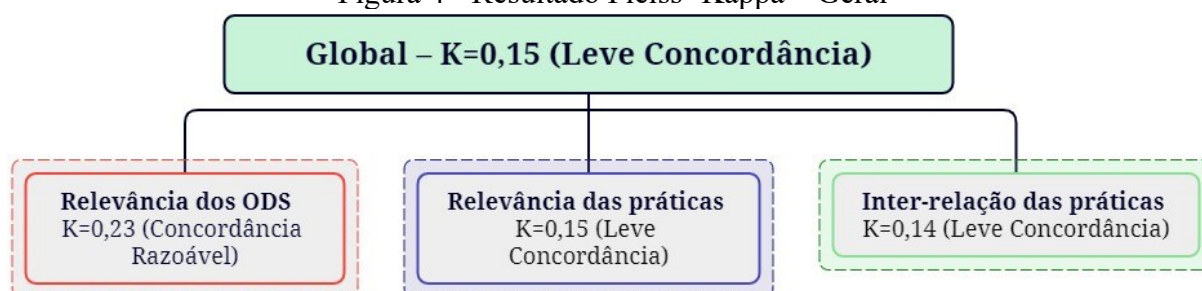
Gráfico 4 - Turno de funcionamento e modalidade dos cursos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após descrever os cursos, foi possível analisar as respostas do questionário e identificar a incorporação e relevância dos ODS para os cursos. Inicialmente, o índice *Fleiss' Kappa* foi calculado para as questões referentes à relevância dos ODS para o currículo de EP. Após isso, foram analisadas as questões que tratam da importância da aplicação das práticas na realidade dos cursos do Brasil. Por fim, calculou-se o índice para as respostas dos especialistas no que tange à influência e inter-relação de uma prática sobre as demais. O resultado global do *Fleiss' Kappa* e os resultados para cada uma dessas dimensões são expostos na Figura 4 e serão discutidos a seguir.

Figura 4 - Resultado Fleiss' Kappa – Geral



Fonte: Elaborado pelo autor.

Primeiramente, explorou-se a percepção dos coordenadores sobre quais ODS são mais abordados. Os coordenadores listaram quais são os ODS mais enfatizados no currículo. Esses dados foram complementados pela análise de conteúdo das entrevistas, onde cada coordenador discorreu sobre a vinculação dos ODS no currículo.

Com base na análise dos dados, percebe-se que os ODS mais abordados nos cursos são os ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 7 (Energia Limpa e Acessível) e 4 (Educação de qualidade). Observa-se que esses ODS foram listados devido à convergência direta que possuem com a engenharia. Desse modo, tendem a ser mais tratados no currículo de EP. O Entrevistado 2 (E2) assinalou que, pela própria natureza do curso de EP, alguns ODS tendem a ser mais enfatizados:

“Naturalmente, pensando no perfil de nosso estudante de engenharia de produção, existem alguns ODS que são mais abordados no nosso curso. Por exemplo, nas disciplinas que tratam mais da dimensão social, os discentes vinculam ODS como o 4 nos seus projetos. Nas disciplinas e projetos de empreendedorismo tendem a mencionar o ODS 11 e 7. A própria EP está mais vinculada a alguns ODS, como o ODS 9”.

Em se tratando da recorrência dos ODS no currículo, poucos cursos os utilizam abrangentemente como ferramenta para incorporar a sustentabilidade no currículo. Embora algumas IES tratem de todos os ODS diretamente, a maioria dos cursos tendem a abordá-los apenas indiretamente em suas iniciativas de ensino. Um especialista afirmou que no curso que coordena os ODS não são tratados explicitamente, conforme trecho descrito a seguir:

“Consgo perceber iniciativas de maneira mais geral associadas à sustentabilidade. Mas, nenhuma delas explicitamente relacionada aos ODS [...] não enxergo esse direcionamento para os ODS dentro da ementa ou do escopo das disciplinas. Isso não é claro, nem explícito. [...] A gente consegue perceber menos iniciativas voltadas para os ODS. Se existe, eu desconheço.”

Corroborando com essa questão, um outro coordenador enfatizou que:

“a gente não considerou os ODS diretamente. Não fizemos isso especificamente, mas é uma preocupação do currículo inserir conceitos, metodologias e abordagens sustentáveis”.

Pensando nessa preocupação em abordar a sustentabilidade a partir dos ODS, buscou-se identificar a percepção dos coordenadores sobre quais ODS são mais importantes para o currículo de EP, e assim, fazer um comparativo para verificar se os ODS considerados mais significativos tem sido abordado nos cursos. Desse modo, a pergunta 19 do questionário tentou descobrir qual a relevância de cada ODS para os cursos de EP, fornecendo as seguintes opções: sem importância (SI), pouco importante (PI), importante (I), muito importante (MI) e extremamente importante (EI).

Para evidenciar o nível de concordância entre os especialistas, as respostas do questionário foram submetidas à análise estatística *Fleiss' Kappa*. Inicialmente, o índice foi

calculado para as questões referentes à relevância dos ODS para o currículo de EP. A Tabela 4 apresenta a análise do índice *Fleiss' Kappa* para a importância dos ODS no currículo.

Tabela 4 - Análise da concordância sobre a importância dos ODS para o currículo de EP

Pergunta: Indique a importância de cada ODS para o currículo do curso que coordena:	SI	PI	I	MI	EI	K	Concordância	Ponderação dos ODS (importância)
ODS 1 – Erradicação da pobreza	-	2	9	3	5	0,12	Leve	2,58
ODS 2 – Erradicação da fome	-	5	7	2	5	0,06	Leve	2,37
ODS 3 – Saúde de qualidade	-	2	4	8	5	0,08	Leve	2,84
ODS 4 – Educação de qualidade	-	1	1	5	12	0,31	Razoável	3,47
ODS 5 – Igualdade de gênero	-	2	4	4	9	0,11	Leve	3,-5
ODS 6 – Água limpa e saneamento	-	2	2	4	11	0,21	Razoável	3,26
ODS 7 – Energia acessível e limpa	-	1	-	7	11	0,31	Razoável	3,47
ODS 8 – Emprego digno e crescimento econômico	-	1	-	6	12	0,34	Razoável	3,53
ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura	-	1	-	1	17	0,74	Considerável	3,79
ODS 10 – Redução das desigualdades	-	1	4	7	7	0,10	Leve	3,05
ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis	-	1	-	5	13	0,39	Razoável	3,58
ODS 12 – Consumo e produção responsáveis	-	1	-	3	15	0,54	Moderada	3,68
ODS 13 – Combate às alterações climáticas	-	1	3	4	11	0,22	Razoável	3,32
ODS 14 – Vida debaixo da água	-	2	8	5	4	0,08	Leve	2,58
ODS 15 – Vida sobre a terra	-	2	7	5	5	0,06	Leve	2,68
ODS 16 – Paz e justiça	-	1	5	7	6	0,09	Leve	2,95
ODS 17 – Parceria pelas metas	-	2	4	4	9	0,11	Leve	3,05
Geral						0,23	Razoável	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange às respostas dos especialistas quanto a importância dos ODS para o currículo de EP, houve uma concordância geral de 0,23. Assim, pode-se inferir que houve uma concordância razoável em relação à essa questão. Geralmente, os especialistas concordaram sobre a pertinência da incorporação dos ODS no currículo. Todavia, há certa falta de consenso

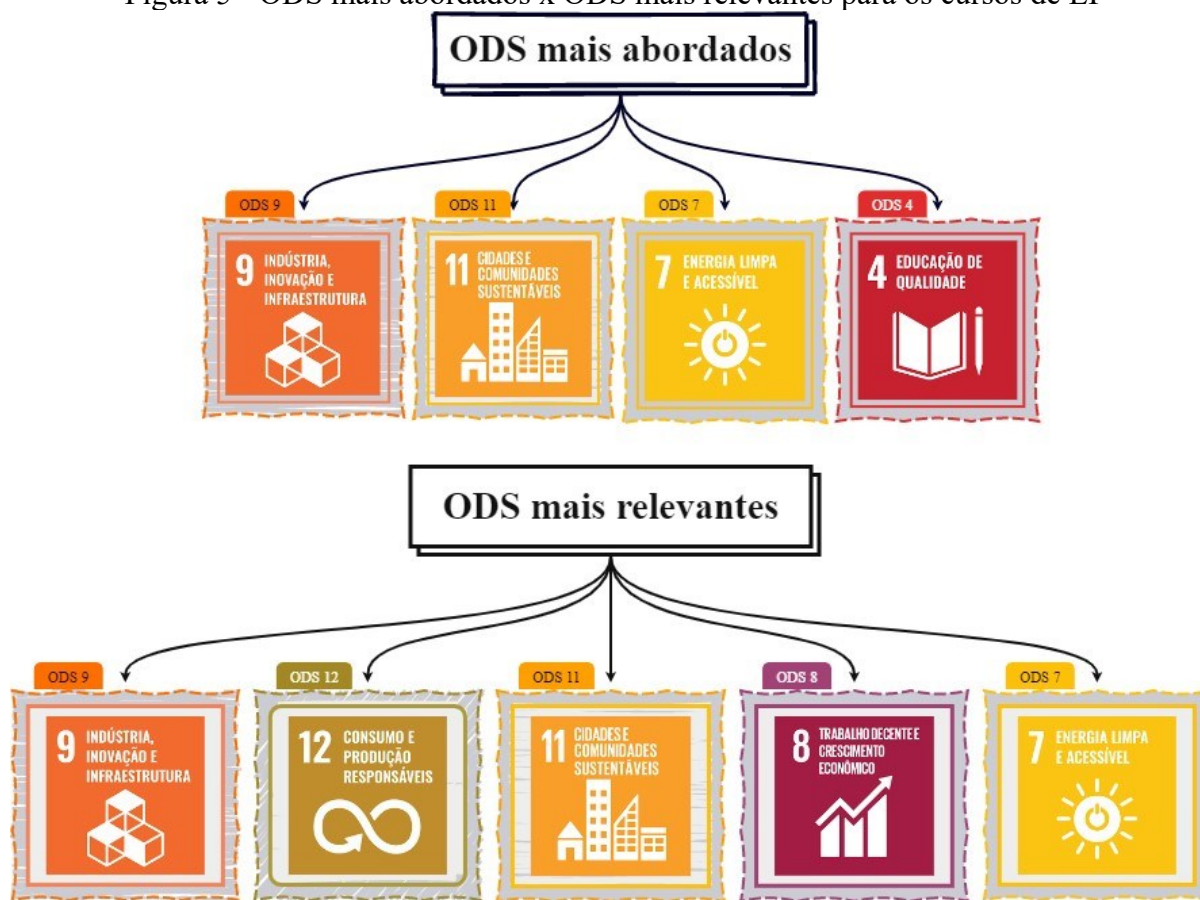
sobre a indispensabilidade de alguns ODS em específico, o que culmina em menor concordância geral nessa dimensão. Ainda não se tem clareza sobre a vinculação de alguns ODS específicos com a engenharia e como esses conceitos podem ser abordados a partir do currículo, remanescendo dificuldades em encontrar um vínculo entre os conteúdos das disciplinas e a sustentabilidade (Rajabifard *et al.*, 2021).

Os ODS nos quais houve maior discordância acerca de seu papel para o currículo de EP foram os ODS 15 (Vida sobre a terra), 2 (Erradicação da fome), 14 (Vida debaixo da água) e 3 (Saúde de qualidade) e 16 (Paz e justiça). Acerca disso, pode-se evidenciar que a discordância se concentra naqueles que não se relacionam tão diretamente à EP. Nenhum ODS recebeu atribuição de “sem importância”, o que sugere que os especialistas concebem lugar de proeminência para a Agenda 2030, embora ainda não consigam relacionar com tanta clareza o lugar de algumas das metas de DS no âmbito do ensino de engenharia.

Quanto aos ODS que obtiveram maior nível de concordância, observa-se que são aqueles mais vinculados a prática da engenharia. Por exemplo, o ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura) recebeu 17 respostas como “extremamente importante” e obteve um índice k de 0,74, indicando uma concordância considerável. O ODS 12 (Consumo e produção responsáveis) obteve o segundo maior grau de concordância, com um índice k de 0,54. Os resultados evidenciam que eles estão mais próximos da realidade da EP e são mais conhecidos, sendo reputados como fundamentais para as ações de ensino sobre sustentabilidade na educação em engenharia.

Complementarmente, os ODS mais importantes para o currículo de EP foram listados a partir do cálculo da média ponderada das respostas dos especialistas. Os resultados demonstram que os mais relevantes foram: ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 12 (Consumo e produção responsáveis), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), 8 (Emprego digno e crescimento econômico) e 7 (Energias limpa e acessível). A Figura 5 mostra os ODS mais abordados e os mais relevantes para os cursos de EP com base na visão dos coordenadores.

Figura 5 - ODS mais abordados x ODS mais relevantes para os cursos de EP



Fonte: Elaborado pelo autor.

Há uma propensão lógica de que os ODS mais abordados no currículo sejam igualmente percebidos como mais pertinentes à realidade do curso. Isso é demonstrado pelo fato de três ODS mais abordados no curso serem considerados como relevantes para a EP.

O fato de os coordenadores apontarem esses ODS como os mais relevantes para o curso de EP também encontra respaldo na estreita relação destes com a prática da EP. Tendo em vista que a EP se concentra nos sistemas de produção, abarca questões relacionadas ao planejamento, design e gestão dos processos produtivos e sistemas industriais, e contribui para o desenvolvimento de infraestrutura sustentável, inovações tecnológicas, eficiência na produção e o uso responsável de recursos, fatores relacionados aos ODS 9.

A EP se relaciona com o ODS 12 ao enfatizar a necessidade de promover práticas mais sustentáveis e eficientes, propondo-se a minimizar resíduos, cultivar a reciclagem e reduzir o impacto ambiental a partir de uma visão holística baseada na circularidade dos processos, produtos e modelos de negócio. Coopera para construção de cidades sustentáveis (ODS 11), otimizando processos de produção, transporte e infraestrutura urbana, bem como contribuindo para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e gestão dos recursos nas comunidades urbanas. Impulsiona a eficiência das operações industriais e gera oportunidades de trabalho

qualificado e seguro (ODS 8). Ainda, influencia diretamente a busca por fontes de energia mais limpas e eficientes, otimizando o consumo de energia e desenvolvendo tecnologias para geração de fontes de energia mais renováveis, aspectos relacionados ao ODS 7.

Avançando na análise do questionário, procedeu-se à avaliação do nível de incorporação e relevância das práticas no currículo desses cursos de engenharia no Brasil. Os coordenadores foram solicitados a avaliar a relevância da adoção cada prática de ensino elencada na RSL para a realidade do curso que coordenam, com base em uma escala Likert de cinco pontos que varia de irrelevante à extremamente relevante. O índice de concordância foi avaliado pela técnica *Fleiss' Kappa*. A Tabela 5 expõe o grau de concordância dos coordenadores no que tange à esta dimensão.

Tabela 5 - Análise da concordância sobre a relevância das práticas para o currículo de EP

Pergunta: Indique a relevância da incorporação de cada prática para a realidade do curso que coordena:	(I)	(PR)	(R)	(MR)	(ER)	K	Concordância
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	-	-	4	5	10	0,20	Leve
Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	-	1	5	5	8	0,10	Leve
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade para os cursos	-	2	6	7	4	0,06	Leve
Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade	-	4	9	5	1	0,13	Leve
Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	-	1	3	7	8	0,13	Leve
Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	-	-	4	4	11	0,24	Razoável
Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	-	-	3	7	9	0,19	Leve
					Geral	0,15	Leve

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado do *Fleiss' Kappa* apresentou um índice de 0,15, que indica que os coordenadores têm uma concordância aceitável acerca da relevância das práticas de ensino na realidade do curso que coordenam. No entanto, há necessidade de refinamentos sobre o grau de importância que possuem. As práticas que apresentaram maior discordância foram “criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade para os cursos” e “inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso”.

Embora apontem um índice semelhante às outras questões, percebe-se maior discordância entre os entrevistados quando se trata dessas práticas. Isso é consistente com os

resultados obtidos nas entrevistas, onde alguns coordenadores enfatizaram a relevância dessas práticas enquanto outros questionaram sua eficácia para incorporar a sustentabilidade no currículo. Segue-se os relatos de três especialistas que divergem acerca da relevância da aplicação da prática “criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade para os cursos” na EP.

“É preciso inserir novos materiais e não necessariamente criar disciplinas [...] Não desenvolvemos a prática 3 e temos dado primazia a outras disciplinas que julgamos mais importantes para a formação dos engenheiros. [...] É muito mais fácil o professor inserir a temática dentro de sua aula e disciplina do que criar disciplinas”. (E3)

“Acredito que nosso curso precisa criar uma disciplina voltada para essa temática”. (E1)

“As práticas mais fáceis de serem aplicadas são a 2 e 3, mas eu não sei se elas são mais efetivas”. (E7)

Os especialistas tiveram maior nível de concordância sobre a prática 6. Isso decorre do fato que muitos entendem a indispensabilidade do desenvolvimento de atividades práticas para ensinar sustentabilidade, sobretudo na engenharia, aspecto que foi apontado neste trabalho a partir do respaldo da literatura.

Em geral, nota-se que os coordenadores atribuem considerável pertinência na aplicação das práticas no contexto das atividades de ensino do curso, havendo apenas sutis discrepâncias em relação ao nível de importância atribuído a elas.

Para discutir sobre a incorporação das práticas nos cursos e obter uma análise mais aprofundada sobre as razões que levaram os coordenadores a concordarem, ou não, com a relevância e incorporação das práticas, os dados das respostas do questionário foram analisados juntamente com a análise de conteúdo das questões abertas das entrevistas. Esta análise de conteúdo a partir das respostas dos especialistas permitiu incrementar a validade interna da pesquisa. O detalhamento dos resultados sobre o nível de recomendação dessas práticas está apresentado detalhadamente a seguir, na seção 4.2.2, que trata de cada uma especificamente.

4.2.2 Análise qualitativa da incorporação das práticas para o currículo de engenharia

Com o intuito de obter maior compreensão sobre a relevância das práticas de ensino para os cursos de graduação em EP no Brasil, bem como identificar como elas estão sendo aplicadas no currículo, buscou-se conhecer a percepção dos coordenadores por meio de entrevistas.

Os entrevistados enfatizaram algumas práticas em detrimento de outras, mostrando a relevância delas no currículo de EP e como elas têm sido incorporadas nos cursos. Percebeu-se que houve sinergia entre os relatos dos coordenadores de IES públicas e privadas, de modo que expuseram perspectivas semelhantes no que diz respeito à quais práticas são mais relevantes para os cursos de EP na realidade brasileira. Observa-se também que os resultados do questionário convergem com os das entrevistas.

Os resultados foram organizados na seguinte estrutura: O nível de recomendação da prática pelos entrevistados (3- Fortemente recomendada, 2- Moderadamente recomendada, 1- Pouco recomendada); se é aplicada no curso (3- sim, 2- Parcialmente, 1- Não,); a frequência de aplicação da prática (5- Sempre, 4- Frequentemente, 3- Às vezes, 2- Raramente, 1- Nunca); uma descrição sobre como elas têm sido aplicadas; e por fim, o grupo de citações que sustentam os resultados. A seguir apresenta-se uma síntese de cada prática elencada.

4.2.2.1 Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade

A utilização de novas metodologias de ensino e abordagens pedagógicas foi destacada pelos entrevistados como uma alternativa consistente para o aprendizado em sustentabilidade nos cursos de EP e tem sido fortemente recomendada.

Com base na perspectiva dos entrevistados, percebe-se que essa prática tem sido aplicada no currículo de EP constantemente, sobretudo por meio de abordagens específicas como a Abordagem Baseada em Projetos e Abordagem Baseada em Problemas. O Quadro 13 expõe a perspectiva dos entrevistados sobre a prática e o nível de incorporação no curso.

Quadro 13 - Síntese das ações referentes à prática 1 no currículo de EP

Prática 1: Aplicação de metodologias alternativas	
Nível de recomendação	Fortemente recomendada
É aplicada?	Sim
Frequência de aplicação	Sempre
Como é aplicada?	Por meio de projetos e trabalhos desenvolvidos nas disciplinas, utilizando geralmente a Abordagem Baseada em Projetos e Abordagem Baseada em Problemas.
Citações	
E1: “Em termos de metodologias alternativas, temos procurado trabalhar com a aprendizagem baseada em problemas para ensinar perspectivas sustentáveis”. E3: “No que se refere à prática 1, utilizamos fundamentalmente a aprendizagem baseada em problemas e a aprendizagem baseada em projetos, sobretudo nas disciplinas que envolvem a dimensão econômica da sustentabilidade”. E5: “A prática 1 é alvo e vem sendo concretizada através dos projetos integrados, que se propõe ter um ensino baseado em problemas reais”.	

Prática 1: Aplicação de metodologias alternativas
E6: “A gente também considerou as metodologias que seriam adotadas, a forma como íamos tratar o conteúdo sobre sustentabilidade, sobretudo nas atividades de extensão, que agora fazem parte do currículo”.
E7: “A prática 1 a gente aplica, mas não de maneira formal. Depende da iniciativa de cada docente”.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.2 Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso

A inserção de conteúdos de sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso tem sido uma prática frequentemente aplicada, sobretudo em função de sua fácil implementação. No entanto, os entrevistados divergem sobre a eficácia dessa prática para incorporar a sustentabilidade no currículo. Por um lado, alguns coordenadores pensam que essa é uma prática fundamental, sendo um ponto de partida válido quando se pretende desenvolver iniciativas para inserção da sustentabilidade na EP. Por outro lado, embora reconheçam que a aplicação dessa prática ocorra nos cursos que coordenam, alguns entrevistados questionam sua eficácia e se ela, por si só, pode trazer resultados satisfatórios.

Por não necessariamente exigir mudanças curriculares em larga escala, essa prática tende a ser aplicada por meio de iniciativas pontuais de professores que se preocupam com a temática da sustentabilidade e decidem abordar esses conteúdos nas disciplinas. Além disso, quando ocorrem ações institucionais para inserir nas ementas das disciplinas palavras-chave que remetem à sustentabilidade, essa prática é mais cultivada no curso. O Quadro 14 resume a visão dos entrevistados sobre a prática e o seu nível de incorporação no curso.

Quadro 14 - Síntese das ações referentes à prática 2 no currículo de EP

Prática 2: Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade	
Nível de recomendação	Moderadamente recomendada
É aplicada?	Sim
Frequência de aplicação	Frequentemente
Como é aplicada?	Geralmente, busca-se abordar o conteúdo da disciplina levando em consideração o paradigma da sustentabilidade, tentando explicar o assunto da disciplina de maneira a relacioná-lo com a sustentabilidade. Geralmente, essa iniciativa parte de uma orientação do docente que possui afinidade com a temática. Essa ação tende a ser fortalecida quando é inserido nas ementas das disciplinas tópicos ou palavras-chave que remetem à sustentabilidade.
Citações	
E1: “inserir materiais e conteúdo na disciplina depende muito do professor e de uma orientação para a sustentabilidade”	
E2: “Nos incorporamos os ODS em projetos desenvolvidos nas disciplinas”.	

Prática 2: Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade

E3: “Nas disciplinas que envolvem desenvolvimento pessoal, temos conteúdos nas ementas associado a dimensão social, é a parte mais explícita que temos”.

E3: “Acho importante a prática 2. É um ponto de partida fundamental. É preciso inserir novos materiais e não necessariamente criar disciplinas. É muito mais fácil o professor inserir a temática dentro de sua aula e disciplina do que criar disciplinas, devido ao processo fortemente burocrático para modificar o PPC”.

E4: “Temos a sustentabilidade sendo abordada de forma transversal ao longo das disciplinas”.

E6: “Temos a inserção do conteúdo de sustentabilidade ao longo das disciplinas, sobretudo na área de mecânica, de materiais e energia renovável. Temos esses tópicos de sustentabilidade sendo tratados, embora não seja especificamente o foco da disciplina”.

E7: “A gente identificou os aspectos que não eram tratados e se propôs a abordar dentro das disciplinas. Então a ideia é incorporar o assunto ao longo da disciplina. Mas ainda estamos engatilhando nessas mudanças, com ações incipientes”.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.3 Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade

Na percepção dos entrevistados, a criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade, sejam obrigatórias ou eletivas, tem sido frequentemente desenvolvida nos cursos de EP como uma maneira de introduzir os alunos em contato direto com a temática. As disciplinas optativas são mais comuns. No entanto, quando existe interesse por parte do colegiado dos cursos, novas disciplinas obrigatórias são criadas e inseridas na grade curricular como um meio de desenvolver ações iniciais para a incorporação da sustentabilidade na educação em engenharia.

Devido à alta carga horária dos cursos de EP e a necessidade de tratar de assuntos mais técnicos, algumas poucas IES ainda enxergam essa prática como desnecessária e não cultivam essa iniciativa. No entanto, tal orientação tende a diminuir à medida que os cursos passam por atualizações curriculares, uma vez que abordar a sustentabilidade tem se tornado uma demanda de mercado, forçando os cursos a adotarem essa prática. O Quadro 15 fornece um resumo sobre o nível de incorporação dessa prática nos cursos de EP e sua importância, a partir da percepção dos entrevistados.

Quadro 15 - Síntese das ações referentes à prática 3 no currículo de EP

Prática 3: Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade	
Nível de recomendação	Moderadamente recomendada
É aplicada?	Sim
Frequência de aplicação	Frequentemente
Como é aplicada?	Geralmente aplicada a partir da iniciativa particular de professores que possuem interesse na temática, disponibilizando disciplinas optativas. Porém, se estende para além da iniciativa dos professores, por muitas vezes envolver aspectos burocráticos em decorrência de mudanças na grade curricular do curso, sobretudo quando se trata de disciplinas obrigatórias.

Prática 3: Criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade	
Citações	
E1: “Para criar uma nova disciplina, é preciso aprovar um novo PPC. Acredito que nosso curso precisa criar uma disciplina voltada para essa temática”.	
E2: “No nosso currículo de EP, já existe disciplinas que tratam da temática. Ofertamos disciplinas obrigatórias e eletivas”.	
E3: “Não desenvolvemos a prática de criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade e temos dado primazia a outras disciplinas que julgamos mais importantes para a formação dos engenheiros. Na EP não vemos a aplicação dessa prática”.	
E6: “Temos disciplinas obrigatórias focadas no ensino de sustentabilidade	
E4: “Temos disciplinas que tratam da temática”.	
E6: “Acredito que o novo curso (atualizado) aborda mais a temática da sustentabilidade do que o antigo. Tem disciplinas obrigatórias e optativas que trabalham nessa linha”.	
E7: “Em 2018 iniciou uma nova reformulação do curso, pequena. Nesse momento cria-se uma disciplina de sustentabilidade, mas que ainda não foi implementada”.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.4 Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade

A opção de ofertar cursos básicos introdutórios sobre sustentabilidade não tem sido aplicada. Percebe-se que, embora essa iniciativa tenha sido sugerida na literatura, não tem sido implementada nos cursos de EP no Brasil, talvez por aspectos contextuais e culturais.

Apesar de um dos entrevistados expor que o cultivo dessa prática seja pertinente, ele expõe que sua aplicação é inviável na realidade do curso. Os demais entrevistados também evidenciaram que essa prática não está presente na realidade do currículo de EP. A seguir, é apresentado no Quadro 16 os principais resultados das entrevistas sobre a incorporação dessa prática.

Quadro 16 - Síntese das ações referentes à prática 4 no currículo de EP

Prática 4: Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade	
Nível de recomendação	Pouco recomendada
É aplicada?	Não
Frequência de aplicação	Nunca
Como é aplicada?	–
Citações	
E1: “É interessante a criação de um curso geral básico de 60 horas sobre a temática, mas isso não é factível para nossa realidade”.	
E2: “Não desenvolvemos a criação de cursos livres de capacitação sobre sustentabilidade”.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.5 Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo

Essa prática tem sido altamente recomendada, uma vez que os coordenadores percebem a necessidade de abordar a sustentabilidade a partir de uma abordagem abrangente, que busca

soluções sustentáveis para os problemas socioambientais, envolvendo diversas áreas do conhecimento.

No entanto, devido à complexidade envolvida em sua implementação, essa prática tem sido aplicada apenas parcialmente. Alguns entrevistados relataram as dificuldades para incorporar essa prática no curso de EP, apontando que as IES na qual estão vinculados não conseguiram desenvolver ações transdisciplinares.

Quando aplicada, geralmente ocorre a partir de projetos integradores, com uma proposta de unir várias áreas do conhecimento e integrar empresas e o curso, na tentativa de resolver problemas reais de sustentabilidade. O Quadro 17 apresenta um resumo sobre essa prática, com base nos resultados das entrevistas.

Quadro 17 - Síntese das ações referentes à prática 5 no currículo de EP

Prática 5: Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	
Nível de recomendação	Fortemente recomendada
É aplicada?	Sim, parcialmente
Frequência de aplicação	Às vezes
Como é aplicada?	Geralmente por meio dos projetos integradores, que envolve empresas, alunos e professores de diversas áreas do conhecimento para a resolução de problemas de sustentabilidade. No entanto, essas ações ainda são ocasionais e elementares, e precisam ser reforçadas, sobretudo pelo incentivo da alta gestão.
Citações	
<p>E1: “é preciso sair do microcosmo do nosso curso de engenharia e abranger o escopo da instituição”.</p> <p>E2: “Antes da pandemia da Covid-19, tentamos desenvolver ações transdisciplinares, mas tivemos bastante dificuldade. Depois da pandemia esses projetos acabaram paralisando. Atualmente, não temos mais. Não cultivamos a prática 5”.</p> <p>E3: “Ações transdisciplinares depende da política da universidade. É possível ser aplicada por meio dos projetos integradores”.</p> <p>E4: “Temos os projetos integradores (PIs), que ocorrem fora da sala de aula envolvendo professores, alunos e empresas. Por meio dos PIs e do hub de sustentabilidade, temos as empresas perto dos alunos e buscamos cultivar a prática 5”.</p> <p>E5: “A universidade tem iniciativas institucionais ligadas à sustentabilidade, como o núcleo integrado de meio ambiente, que é um catalisador de ações transdisciplinares e vai além dos cursos de engenharia, abrangendo várias áreas do conhecimento”.</p> <p>E6: “A questão da transdisciplinaridade não é fácil, mas conseguimos criar um currículo que favorece essa questão”.</p> <p>E6: “A prática 5 e 6 é enfatizada no novo PPC por meio do projeto integrador, que é por natureza transdisciplinar. A ideia é lidar com problemas reais e trabalhar com os diversos conceitos de diferentes disciplinas através de iniciativas práticas”.</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.6 Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos

O desenvolvimento de iniciativas práticas e atividades sustentáveis foi bastante sugerido pelos entrevistados. Essa prática tem sido aplicada nos cursos de EP por meio de projetos de extensão, eventos e palestras relacionados à sustentabilidade, projetos integradores, realização de estágios em parcerias com empresas, dentre outros. O Quadro 18 fornece um resumo sobre a incorporação dessa prática nos cursos de EP, com base na visão dos entrevistados.

Quadro 18 - Síntese das ações referentes à prática 6 no currículo de EP

Prática 6: Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	
Nível de recomendação	Fortemente recomendada
É aplicada?	Sim
Frequência de aplicação	Sempre
Como é aplicada?	Os cursos de EP promovem iniciativas práticas voltadas para a sustentabilidade por meio de projetos de extensão, parcerias com empresas para resolução de problemas, eventos específicos sobre a temática realizados no âmbito de toda universidade (como a semana do meio ambiente) e por meio de estágios e ligas acadêmicas que tem como foco a aplicação dos conhecimentos adquiridos em sala de aula.
Citações	
E2: “Nas nossas semanas acadêmicas e na semana do meio ambiente sempre está presente um evento ou palestra que envolve a temática”. E2: “Nos cursos de engenharia de nossa IES temos projetos voltados para conscientização sustentável”. E3: “Boa parte dos alunos estão envolvidos em iniciativas práticas, na resolução de problemas de empresas”. E4: “Temos a liga acadêmica de sustentabilidade, uma iniciativa dos alunos para promover iniciativas práticas”. E6: “A prática 5 e 6 é enfatizada no novo PPC por meio do projeto integrador, que é por natureza transdisciplinar. A ideia é lidar com problemas reais e trabalhar com os diversos conceitos de diferentes disciplinas através de iniciativas práticas”. E7: “Existem muitas palestras e projetos de extensão relacionados a essa temática”.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.7 Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade

Por fim, a prática 7 foi a mais recomendada pelos entrevistados. Conforme apontam os resultados das entrevistas, essa prática é central para a incorporação da sustentabilidade no currículo de EP. Isso porque através da aplicação dessa prática é possível cultivar as outras.

Compreendendo isso, vários cursos começaram a desenvolver iniciativas com foco no desenvolvimento de competências de sustentabilidade, considerando que é por meio dessa prática que a sustentabilidade será melhor incorporada ao longo do currículo. Nesse sentido, os cursos de EP estão direcionando seu currículo para inserir a sustentabilidade como uma das competências a serem trabalhadas no decorrer da graduação. O Quadro 19 sintetiza as ações que têm sido realizadas para incorporar essa prática no currículo dos cursos de EP.

Quadro 19 - Síntese das ações referentes à prática 7 no currículo de EP

Prática 7: Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	
Nível de recomendação	Fortemente recomendada
É aplicada?	Sim
Frequência de aplicação	Frequentemente
Como é aplicada?	Consiste numa diretriz pedagógica que é estabelecida e exigida no Projeto Pedagógico do Curso, e é implementada por meio de ações da coordenação do curso, estendendo-se até o cultivo individual por parte dos professores. Nesse sentido, os professores são responsáveis por ministrar as disciplinas levando em consideração as competências que devem ser produzidas nos alunos, de modo a aferir se eles estão desenvolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes relacionados à sustentabilidade.
Citações	
<p>E4: “No nosso curso de EP temos um eixo norteador da ementa referente à sustentabilidade”.</p> <p>E5: “Com a reforma curricular que ocorreu no curso recentemente, a sustentabilidade ganhou um enfoque muito mais específico, porque entrou como uma das competências gerais que o engenheiro tem que desenvolver durante o curso. Agora, a sustentabilidade está formalizada como umas das competências gerais que devem ser trabalhadas no curso”.</p> <p>E6: “Com a reforma curricular e a atualização do PPC a gente começou a guiar o curso em três eixos e um deles é a sustentabilidade”.</p> <p>E7: “Anteriormente, tinha as competências nos documentos, mas não era implementada. A solução foi impor a obrigatoriedade de desenvolver competências de sustentabilidade, de modo que a disciplina vai ter que narrar a competência que ela está tratando, garantindo que tratem da temática”.</p> <p>E7: “A gente viu a necessidade de criar direcionadores para o conteúdo das disciplinas a partir das competências a serem desenvolvidas”</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 RELAÇÕES CAUSAIS E PROEMINÊNCIA DAS PRÁTICAS PARA A INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Para obter clareza e determinar quais práticas são mais causais e proeminentes para a EP, esta seção apresenta os resultados da aplicação do método *Fuzzy DEMATEL* considerando a perspectiva dos coordenadores de cursos no contexto brasileiro, com base nas respostas do questionário e na realização das entrevistas.

Considerando as práticas de ensino elencadas, os especialistas avaliaram o nível de influência que uma prática i exerce sobre outra prática j e o nível de influência que uma prática j recebe de outra prática i , de modo a gerar uma matriz 7×7 , onde a influência de cada prática sobre as demais é informada com base na opinião de cada especialista. A diagonal principal da matriz avalia a influência de uma prática com ela mesma, por isso, é preenchida com o valor zero.

Após o preenchimento de cada especialista na matriz foi possível converter a matriz em valores linguísticos *fuzzy* por meio da escala linguística *fuzzy* (ver Tabela 3), e depois, calcular

a média aritmética de todas as respostas. As práticas apresentadas para análise foram listadas no Quadro 11. A Tabela A1 (APÊNDICE E) mostra a matriz média de relação direta fuzzificada, usando termos linguísticos e correspondentes valores *fuzzy*, com base na média aritmética das respostas após obtenção das respostas de cada expert.

Posteriormente, foi realizada a defuzzificação da matriz média de relação direta, de acordo com o cálculo da Equação (2). A matriz média defuzzificada pode ser vista na Tabela A2, Apêndice E. Com isso, seguiu-se o procedimento para aplicação do método resolvendo as equações 5 a 8. A aplicação dessas equações permite a obtenção da matriz total de influência direta e indireta (T) e as somas das linhas i (Ri) e das colunas j (Dj) da matriz T , para então, realizar a construção do IRM de cada relação entre as práticas.

A relação $Ri + Dj$ representa a influência total que uma prática exerce e recebe em relação as demais. A relação $Ri - Dj$ representa a influência líquida que uma prática exerce sobre o conjunto de práticas, ou seja, a relação causal. Valores positivos indicam que a prática exerce mais influência do que recebe de outras práticas. Valores negativos indicam que a prática recebe mais influência do que exerce sobre as demais. A Tabela 6 apresenta a Matriz de influência total (T) entre as práticas.

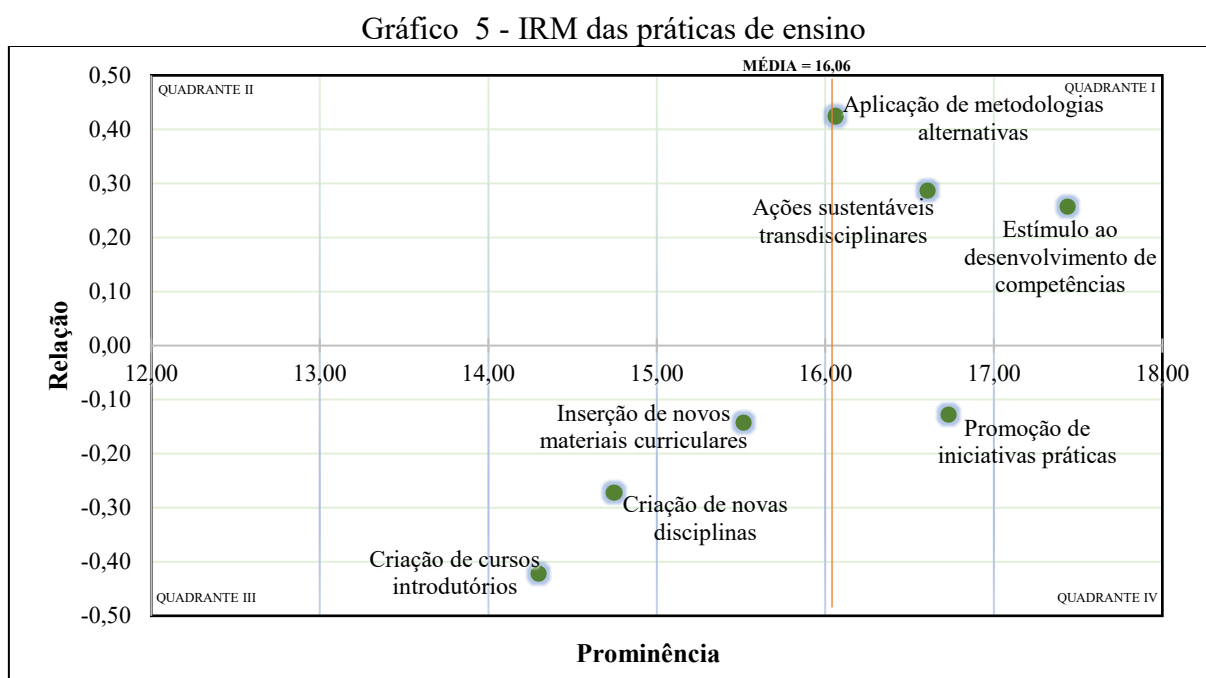
Para desenvolver o diagrama causal, soma-se os valores da matriz T considerando um valor limite α para filtrar efeitos insignificantes. Considerou-se como limiar os valores no quadrante de relacionamento acima da soma da média aritmética e do desvio padrão dos valores de (T). Assim, para este caso, o valor limite foi 1,2565. A partir da determinação do limiar, os valores acima dele foram destacados em verde, e esses valores foram selecionados para construção do IRM. Estas relações serão incorporadas ao modelo de priorização das práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo dos cursos de EP. A Tabela 6 expõe a Matriz (T).

Tabela 6 - Matriz de influência Total (T) entre as práticas

PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIPP	EDC	D+R	D-R	RES.
AMA	1,047407	1,167375	1,115785	1,08826	1,240873	1,281083	1,303884	16,06	0,42	Causa
INMC	1,095801	0,976393	1,054858	1,032221	1,143518	1,177524	1,206573	15,52	-0,14	Efeito
CND	1,023281	1,034487	0,880488	0,990471	1,072366	1,103651	1,13278	14,75	-0,27	Efeito
CCIE	0,988274	1,004787	0,958149	0,827416	1,016116	1,060483	1,082761	14,30	-0,42	Efeito
AST	1,210316	1,19892	1,15045	1,133116	1,11886	1,304483	1,330024	16,61	0,29	Causa
PIP	1,194168	1,183549	1,133922	1,10455	1,249431	1,135587	1,301275	16,73	-0,13	Efeito
EDC	1,263774	1,268891	1,211437	1,182859	1,321894	1,365695	1,23225	17,44	0,26	Causa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, foi possível identificar as práticas que desempenham maior influência a partir do valor limite estabelecido, sendo possível filtrar os efeitos que tiveram importância irrelevante. Assim, a proeminência e relações causais foram determinadas, de maneira a identificar as práticas mais influentes no sistema e aquelas que sofrem influência. O Gráfico 5 mostra o IRM correspondente às práticas.



Conforme explanado no Gráfico 5, as práticas de ensino mais proeminentes, ordenadas de acordo com sua importância global e classificação, são: Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade (EDC) → Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis (PIP) → Ações sustentáveis transdisciplinares (AST) → Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade (AMA) → Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade (INMC) → Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade (CND) → Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade (CCIE).

Observa-se que existem relações significativas entre as práticas. A prática “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) é classificada como central dentro do sistema, uma vez que possui alta relação e maior proeminência dentro das práticas causais. Essa prática focaliza em iniciativas de ensino que visam capacitar os alunos para lidarem apropriadamente com os desafios da sustentabilidade a partir do desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes sustentáveis.

Nesse sentido, percebe-se que existe uma relação direta entre o desenvolvimento de competências e outras práticas de ensino, uma vez que essa prática permeia todo o currículo e orienta as ações a serem desenvolvidas no curso. No modelo, “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) tem relação de influência mútua com a prática “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST). Estas duas práticas estão claramente relacionadas entre si, uma vez que o desenvolvimento de ações transdisciplinares é notoriamente um fator fundamental para produzir intencionalmente competências de sustentabilidade nos futuros engenheiros (Robinson *et al.*, 2022) e o foco no desenvolvimento de competências impulsiona o cultivo da transdisciplinaridade no currículo.

Além disso, “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) foi a segunda prática mais proeminente na modelagem. Isso mostra que é fundamental promover o ensino dos ODS a partir da de uma abordagem transdisciplinar (Correa *et al.*, 2020; Tasdemir; Gazo, 2020). Os resultados encontrados na modelagem apontam o impacto que “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) tem sobre a “promoção de iniciativas práticas” (PIP). Isso obviamente decorre da natureza da transdisciplinaridade, que em sua essência busca para resolver problemas reais. Tal questão também é consistente com os resultados das entrevistas, em que alguns coordenadores relacionaram essas duas práticas.

No que se refere à “promoção de iniciativas práticas” (PIP), percebe-se que ela exerce significativa proeminência. Essa prática é imprescindível, sobretudo no currículo de engenharia, visto que enfatiza a necessidade de uma abordagem que vá além do ensino teórico e ultrapasse as atividades dentro de sala de aula, viabilizando o ensino por meio tarefas e ações práticas. Nesse sentido, o currículo de EP deve ser permeado por diversas ações relacionadas com essa prática. Eventos acadêmicos, estágios, projetos de extensão na área, aproximação entre a academia e indústria visando discutir problemas reais relacionados a sustentabilidade, dentre outros, são fundamentais para disseminar conhecimento e integrar alunos e profissionais de engenharia. Essas iniciativas devem ser incentivadas, visto que contribuem na formação e desenvolvimento de uma visão de mundo sustentável dos discentes (Correa *et al.*, 2020).

Percebe-se ainda uma relação de influência mútua entre a “promoção de iniciativas práticas” (PIP) e o “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC). Isso é consistente com a literatura, que tem mostrado que o baixo número de atividades extracurriculares impacta diretamente no desenvolvimento de competências, prejudicando a aplicação de conhecimentos relacionados com a sustentabilidade de uma forma prática (Diaz-Sarachaga; Longo Sarachaga, 2023).

A “Aplicação de metodologias alternativas” (AMA) foi uma prática causal, exercendo também considerável relevância no sistema. Ela impacta as práticas mais proeminentes do sistema, a saber, “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), “promoção de iniciativas práticas” (PIP) e “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST). Isso sugere que iniciativas de sucesso para incorporação da sustentabilidade passam por uma abordagem pedagógica adequada ao contexto de ensino.

A “aplicação de metodologias alternativas” (AMA) tem o potencial de produzir habilidades práticas que transcendem o domínio cognitivo dos discentes, resultando no desenvolvimento de qualidades e aptidões necessárias para a execução de atividades cotidianas imbuídas de uma perspectiva sustentável, aspecto notadamente relacionado ao “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC). Por ser eminentemente prática, voltada para a resolução de problemas reais, empregando abordagens dinâmicas no ensino, também reflete diretamente na “promoção de iniciativas práticas” (PIP). Além disso, impacta as “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST), uma vez que a utilização dessas metodologias alternativas, como a abordagem baseada em projetos, favorece o cultivo de iniciativas transdisciplinares no currículo (Tasdemir; Gazo, 2020).

No que diz respeito às práticas de ensino que se concentram na introdução de conteúdos no currículo, percebe-se que elas possuem baixa proeminência e são caracterizadas como um efeito. São elas: “inserção de novos materiais curriculares” (INMC), “criação de novas disciplinas” (CND) e “criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE). A “criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE) foi abordada como uma prática independente. Ou seja, é relativamente desconectada do sistema porque nos cursos de engenharia no Brasil essa prática não tem sido cultivada, por questões culturais e contextuais. Por exemplo, ofertar um curso básico sobre sustentabilidade no final da graduação, de caráter prático e com a resolução de cases, valendo-se de metodologias de ensino ativas, de modo que os alunos consigam aplicar os conceitos abordados na solução de problemas reais, pode ser uma estratégia pertinente. Isso envolveria a aplicação conjunta das práticas “criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE), “promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis” (PIP) e “aplicação de metodologias alternativas” (AMA), por exemplo.

Quanto à “inserção de novos materiais curriculares” (INMC), tem sido caracterizada como de menor relevância e causalidade porque é limitada apenas a fornecer conteúdos de sustentabilidade em disciplinas, sendo insuficiente para desenvolver uma perspectiva sustentável e preparar esses futuros engenheiros para os desafios de um mundo sustentável. Semelhantemente, a “criação de novas disciplinas” (CND) também possui baixa proeminência

e relação causal no sistema. Isso decorre das limitações de abordar a sustentabilidade a partir de uma disciplina isolada sem relacioná-la a outras áreas e temas importantes do curso.

Desse modo, para que a “criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE), “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) e “criação de novas disciplinas” (CND) sejam implementadas no currículo é necessário considerar aquelas práticas que estão lhe influenciando, práticas causais como “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP), que podem impulsionar a aplicação destas no currículo. Nesse sentido, pode-se afirmar que estas práticas de menor proeminência e causalidade precisam ser implementadas em alinhamento e concomitante àquelas que exercem maior relevância para o currículo.

Cabe dizer que isso não significa que essas práticas classificadas como efeito devam ser desconsideradas. Pelo contrário, elas têm seu valor e papel. Mas somente quando inseridas nesse contexto amplo de ações para incorporar a sustentabilidade, onde as práticas causais também estão sendo implementadas, é que elas contribuirão mais eficazmente para preparar os futuros engenheiros para enfrentar os desafios de sustentabilidade em suas vidas e prática profissional.

4.3.1 Perspectiva das IES públicas e privadas

Com o intuito de identificar nuances específicas, apresenta-se a seguir os resultados da modelagem baseada na percepção dos coordenadores dos cursos de EP de universidades públicas e, em seguida, de IES privadas. O objetivo é evidenciar essas diferentes perspectivas, destacando semelhanças e diferenças entre cada grupo de IES e comparando-as com a perspectiva geral do modelo. Com isso, pretende-se detectar possíveis relações que não foram vislumbradas na perspectiva geral, analisando os diferentes contextos e realidades de cada categoria de IES, comparando os resultados.

Considerando apenas a perspectiva dos coordenadores de curso de universidades públicas, as práticas de ensino mais proeminentes, são: Ações sustentáveis transdisciplinares (AST) → Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade (EDC) → Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis (PIP) → Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade (AMA) → Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade (INMC) → Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade (CND) → Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade (CCIE). O limiar desta matriz foi determinado como a soma da média e do desvio padrão dos

valores do quadrante de influência entre as perspectivas ($\alpha=1,533$). Todos os valores acima deste limiar estão destacados em amarelo na Tabela 7(a).

Diferentemente do modelo da perspectiva geral, a modelagem baseada nos cursos das IES públicas apontou uma outra prática como mais relevante. Nessa perspectiva, “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) está localizada no quadrante I e possui a maior proeminência do sistema. Devido à maior ênfase das universidades públicas nos eixos de pesquisa e extensão, muitos coordenadores assinalam que a transdisciplinaridade é central para abordar a natureza multidimensional do conhecimento, a pluralidade da realidade e a complexidade dos problemas que envolvem a sustentabilidade. Isso pode explicar porque essa prática foi a mais relevante nessa avaliação.

Na perspectiva das IES privadas, as práticas de ensino mais proeminentes são: Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade (EDC) → Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis (PIP) → Ações sustentáveis transdisciplinares (AST) → Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade (AMA) → Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade (INMC) → Criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade (CCIE) → Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade (CND). A Tabela 7(b) mostra a matriz de influência total (T). O limiar desta matriz foi determinado como a soma da média e do desvio padrão dos valores, obtendo um valor de $\alpha=1,000$. Todos os valores acima deste limiar estão destacados em amarelo na Tabela.

Tabela 7 - (a) Matriz de influência Total (T) na perspectiva das IES públicas (b) Matriz de influência Total (T) na perspectiva das IES privadas

(a) Matriz T da perspectiva das IES públicas										
PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIP	EDC	D+R	D-R	RES.
AMA	1,30648	1,305136	1,398354	1,3354699	1,5533522	1,4961814	1,567198	19,62	0,30	Causa
INMC	1,415314	1,165808	1,360296	1,311302	1,5154102	1,4538392	1,544295	18,56	0,98	Causa
CND	1,293667	1,1631831	1,147068	1,2261951	1,4025575	1,3580494	1,432392	18,39	-0,35	Efeito
CCIE	1,170611	1,0507794	1,138484	0,98806	1,254903	1,2154029	1,270160	17,10	-0,92	Efeito
AST	1,533085	1,408146	1,490532	1,4119473	1,4919819	1,5859123	1,666936	20,97	0,21	Causa
PIP	1,467428	1,3479147	1,405665	1,3705467	1,5837544	1,3759534	1,592988	20,14	0,14	Causa
EDC	1,478196	1,3503035	1,429895	1,3633421	1,5824032	1,5140528	1,452499	20,70	-0,36	Efeito
(b) Matriz T da perspectiva das IES privadas										
PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIP	EDC	D+R	D-R	RES.
AMA	0,815771	0,973802	0,850135	0,864131	0,980051	1,040097	1,06084	12,73	0,43	Causa
INMC	0,84223	0,766713	0,795604	0,804341	0,863265	0,915688	0,933754	12,37	-0,53	Efeito

(b) Matriz T da perspectiva das IES privadas										
CND	0,797941	0,86489	0,644614	0,788091	0,81414	0,854876	0,881074	11,34	-0,04	Efeito
CCIE	0,792394	0,853536	0,750654	0,648556	0,786293	0,850134	0,874186	11,38	-0,26	Efeito
AST	0,947805	0,965277	0,858599	0,898537	0,831933	1,029604	1,050798	12,87	0,29	Causa
PIP	0,937104	0,954682	0,840372	0,85249	0,958534	0,860693	1,021745	13,09	-0,23	Efeito
EDC	1,020236	1,074046	0,947629	0,965006	1,051194	1,105816	0,973506	13,94	0,34	Causa

Fonte: Elaborado pelo autor.

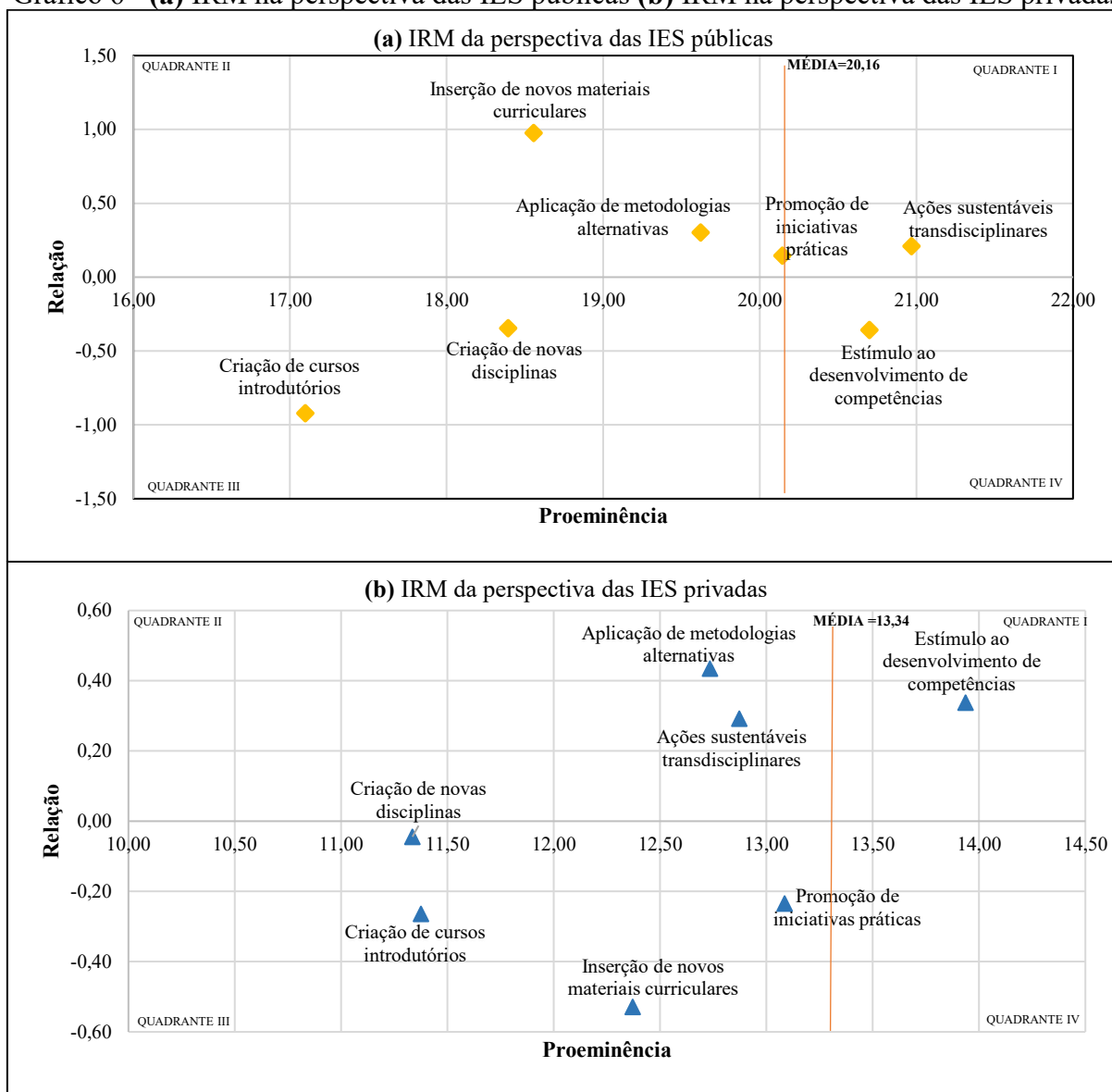
Com base nos dados da Tabela 7, as relações causais foram plotadas em um gráfico e foi possível determinar as práticas mais influentes no sistema e aquelas que recebem influência. Assim, foi construído o IRM na perspectiva das IES públicas e privadas. O Gráfico 6 apresenta o IRM dessas perspectivas.

Conforme visto nos Gráficos 5 e 6, as práticas mais proeminentes nas três perspectivas foram “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP). Isto significa que os entrevistados possuem opiniões semelhantes sobre a importância dessas práticas.

A maior diferença encontrada emerge da perspectiva das IES públicas. Enquanto na perspectiva geral e das IES privadas o “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) é uma prática proeminente e causal, nessa perspectiva ela passa a ser efeito. Destaca-se o impacto que a “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) pode produzir no “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) nessa perspectiva, de modo que incorporar novos conteúdos nas disciplinas é visto como um aspecto crucial para desenvolver competências de sustentabilidade nos alunos.

Como as IES públicas geralmente não concebem o desenvolvimento de competências como uma diretriz estratégica institucionalizada para todo o curso, os educadores têm a tendência de pensar no desenvolvimento de competências como uma consequência longínqua da inserção de materiais sobre sustentabilidade nas disciplinas.

Gráfico 6 - (a) IRM na perspectiva das IES públicas (b) IRM na perspectiva das IES privadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na perspectiva das IES privadas, “aplicação de metodologias alternativas” (AMA), “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) e “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) são as práticas que exercem mais influência no sistema. “Estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), localizada no quadrante I, é a mais impactante no sistema, caracterizando-se como uma prática central, com alta proeminência e relação. Ela exerce forte impacto sobre “aplicação de metodologias alternativas” (AMA), “inserção de novos materiais curriculares” (INMC), “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP) e recebe influência de “aplicação de metodologias alternativas” (AMA), “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP).

Na visão dos coordenadores de IES privadas, a “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) é fortemente influenciada pelo “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC). Nestas universidades, o foco no desenvolvimento de competências de sustentabilidade direciona aquilo que será ministrado nas disciplinas em termos de conteúdo. Por isso, a “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) é vista como um efeito da institucionalização do “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) no curso.

5. DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta as discussões da pesquisa, sintetizando as principais contribuições do ponto de vista teórico e prático. A fim de discorrer acerca das contribuições, são retomadas as questões de pesquisa e os resultados inferidos a partir delas.

Inicialmente, a discussão apresentada derivou das questões teóricas desenvolvidas com base no primeiro objetivo específico da pesquisa. Assim, na seção 5.1 discute-se as práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo à luz da literatura e do consórcio QUALENV. Em seguida, na seção 5.2 discute-se as questões de pesquisa decorrentes dos objetivos específicos 2 e 3, fornecendo uma proposta de priorização das práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo, sustentada pela análise empírica.

5.1 PRÁTICAS PARA INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO: EVIDÊNCIAS DA LITERATURA E DO QUALENV

Ao analisar os documentos obtidos (Apêndice A), pôde-se constatar as práticas para inserção da sustentabilidade mencionadas pelos artigos, detalhadas na seção 4.1.1. Assim, a partir desse detalhamento, criou-se o Quadro 11, o qual mostra as 7 práticas elencadas que podem ser incorporadas no currículo dos cursos de engenharia. Vale salientar que, embora a questão de pesquisa e os resultados da RSL sejam endereçados aos cursos de engenharia, as práticas elencadas são abrangentes e podem ser aplicadas em quaisquer cursos, resguardadas as devidas adequações.

Por um lado, isso revela o caráter multidisciplinar da EDS e a uniformidade das principais iniciativas adotadas pelas IES globalmente quando se trata da inserção da sustentabilidade no currículo, fornecendo diretrizes para que se caminhe rumo à formação de profissionais que tornem as organizações mais sustentáveis. Por outro lado, isso pode indicar que a maioria das ações abordadas na literatura ainda são muito genéricas e necessitam ser aprofundadas. Nesse aspecto, é preciso avançar para perspectivas mais específicas, abordando a realidade de cada curso, pensando na elaboração de um currículo a partir do tipo de profissional que se pretende formar.

Nessa seção do trabalho, discute-se as práticas apontando a contribuição de diversos autores que respaldaram a temática. Com vistas na melhor fundamentação acerca do tema, outros autores também serão abordados com o propósito de tornar o estudo mais abrangente, não se limitando apenas aos autores analisados no portfólio dos artigos.

Com base na RSL constatou-se que a prática considerada mais elementar é a **criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade para o curso**, também cognominada por muitos autores como integração vertical. A adição de novas disciplinas na temática da sustentabilidade nas matrizes curriculares dos cursos tem sido demasiadamente mencionada na literatura e aplicada em muitos cursos (Thürer *et al.*, 2018), sendo considerada essencial para o desenvolvimento de ações iniciais para a incorporação da sustentabilidade no ensino superior.

Criar disciplinas para o currículo de engenharia pode ser uma ação inicial pertinente para preparar os futuros engenheiros a serem capazes de desenvolver suas atribuições em alinhamento com o DS (Ashraf; Alanezi, 2020; Lozano; Lozano, 2014; Watson *et al.*, 2013). Ashraf e Alanezi (2020) afirmaram que ofertar disciplinas focadas na sustentabilidade faz com que os alunos tenham acesso direto à temática, permitindo que o assunto seja integrado ao longo de sua formação.

Tal prática é um ponto de partida válido, sobretudo em cursos com ações incipientes, que ainda estão principiando a incorporação da sustentabilidade. Conforme destacado, países em desenvolvimento possuem uma tendência de abordar a sustentabilidade no currículo tardiamente. Nesses casos, há uma inclinação para se iniciar ações a partir da introdução de novas disciplinas.

Em um dos poucos estudos em um país em desenvolvimento, Onyilo *et al.* (2019) discutiram como integrar a sustentabilidade no currículo de engenharia na Nigéria sugerindo que uma opção plausível seria a criação de disciplinas nos cursos. A pesquisa de Roure *et al.* (2018) corrobora com isso ao enfatizar que tais iniciativas são uma ótima maneira de fornecer conteúdo introdutório aos alunos. Tal medida pode ser eficaz em contextos semelhantes, como o Brasil, uma vez que pode introduzir o aluno no tema e contribuir para o seu aprendizado.

Entretanto, existem algumas desvantagens quando se focaliza apenas no desenvolvimento dessa iniciativa. Concentrar-se na criação de uma nova disciplina com conteúdos relacionados à sustentabilidade tem sido visto como insuficiente, visto que abordar a sustentabilidade a partir de uma disciplina isolada sem relacioná-la aos conceitos e desafios inerentes à profissão da engenharia não garante o desenvolvimento de uma visão holística que propicie aos alunos a capacidade de aplicar os princípios do DS em sua atuação profissional (Nikolić; Vukić, 2021; Miñano Rubio *et al.*, 2019; Rose; Ryan; Desha, 2015; Soria *et al.*, 2013). Ressalta ainda que, diante de cursos com cargas horárias extensas, aspecto comum no currículo de engenharia, tais ações podem ser inviáveis (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a ênfase na criação de novas disciplinas sobre sustentabilidade pode ser vista como um incremento ao currículo e não como um aspecto integrado ao ensino de

engenharia (Nikolić; Vukić, 2021). Por sua vez, esse tipo de iniciativa tende a desconsiderar o que é abordado noutras disciplinas dos cursos, onde muitas vezes os conteúdos tratados não se coadunam com o paradigma da sustentabilidade (Rose; Ryan; Desha, 2015). Diante disso, pode-se afirmar que a abordagem vertical possui limitações e não alcança o objetivo de formar engenheiros que tenham uma visão de mundo robusta para enfrentar os desafios da sustentabilidade no exercício de suas profissões.

Prática semelhante a esta é a **criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade**. Esses cursos podem ser introdutórios ou avançados (Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn, 2020; Lozano; Lozano, 2014; Gómez-Martín *et al.*, 2021; Soria *et al.*, 2013). A opção por fornecer cursos básicos introdutórios para alunos que estão iniciando a graduação foi sugerida na literatura e se mostra pertinente. O objetivo é fornecer compreensão básica e proporcionar o nivelamento do conhecimento sobre sustentabilidade entre os alunos.

Assim, um curso básico introdutório voltado para os cursos de engenharia no geral pode ser uma opção válida. Cada universidade deve definir questões como abordagem, conteúdo, metodologia a ser adotada, modalidade do curso, departamento responsável, dentre outras, a partir de seu próprio contexto e necessidade. A implementação de um curso básico desse tipo é sugestiva, mas ressalta-se que para obter êxito é necessário o apoio da alta direção da IES e a parceria entre docentes de distintas áreas de estudo.

No final da graduação, também pode-se ofertar um curso avançado, com a opção de certificado. Tal curso deve ter caráter teórico-prático, de modo que os alunos consigam aplicar os conceitos abordados na solução de problemas reais da realidade na qual estão inseridos. Para tanto, seria importante envolver a indústria, com vistas ao desenvolvimento e resolução de *cases* (Campos, 2021).

Vale dizer que tais práticas citadas possuem eficácia limitada quando aplicadas isoladamente. Assim, devem ser aplicadas concomitante a outras que a complementam. Isso propiciaria ao aluno a aptidão de não somente ter conhecimento no tema, mas de saber integrar os princípios do DS no exercício de sua profissão. Em razão disso, incorporar a sustentabilidade/DS em disciplinas regulares dos cursos pode ser uma excelente alternativa para aumentar a conscientização sobre sustentabilidade dos alunos (Lozano, 2014; Watson *et al.*, 2013).

Sendo assim, sugere-se que as IES dispendam esforços para incorporar a sustentabilidade transversalmente (Nikolić; Vukić, 2021; Roure *et al.* 2018; Weatherton *et al.*, 2015; Shields; Verga; Blengini, 2014; Lozano, 2014; Soria *et al.*, 2013). Fundamentado nesses autores, cabe dizer que um passo adiante no processo de inserção da sustentabilidade no ensino

de engenharia passa pela **inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso**. Há uma necessidade de que a formação de alunos de engenharia aborde as perspectivas ambientais, sociais e econômicas para além de uma integração vertical.

O atual modelo pedagógico de ensino de engenharia tem sido criticado por sua abordagem reducionista, especializada, com disciplinas isoladas e estanques, que não dialogam ou dialogam pouco entre si. Em decorrência disso, a aplicação de práticas de ensino transversais torna-se um meio de desenvolver uma perspectiva holística, em contraposição ao currículo universitário atual, fortemente especializado (Lozano, 2014).

Essa abordagem é mais desafiadora que apenas a criação de novas disciplinas. Entretanto, o entrelaçamento da sustentabilidade/DS nas disciplinas provê maiores oportunidades para os alunos incorporarem esses princípios em suas vidas profissionais, aumentando sua consciência e responsabilidade com o meio ambiente e a sociedade (Nikolić; Vukić, 2021). Isso porque, ao inserir a temática da sustentabilidade como objetivo pedagógico será possível que os diferentes campos de estudo interajam entre si (Soria *et al.*, 2013). Ademais, a inserção de novos materiais ao longo de todo o currículo garante que todos os alunos sejam expostos aos conceitos de sustentabilidade, o que não é possível caso somente disciplinas isoladas sejam criadas (Weatherton *et al.*, 2015). Além disso, a incorporação dessa prática resulta num maior envolvimento dos alunos (Shields; Verga; Blengini, 2014).

Todavia, incorporar a sustentabilidade transversalmente, em contraposição ao ensino por meio de disciplinas específicas, ainda é um enorme desafio, porquanto exige adequações curriculares complexas (Roure *et al.* 2018). Para aplicação eficaz dessa prática é necessário realizar um processo de revisão dos materiais de cada disciplina para eventuais adaptações no currículo, algo que pode ser visto como uma barreira (Shields; Verga; Blengini, 2014).

Aliado a isto, existem ressalvas diante da possibilidade de adicionar conteúdo sob uma carga horária lotada, como nos cursos de engenharia. Ashraf e Alanezi (2020) afirmaram que a adição de materiais relacionados à sustentabilidade nas disciplinas é um desafio, pois além da alta carga horária existente no curso, é preciso considerar que a inserção de novos materiais pode resultar na perda de outros materiais que também são essenciais para a formação do aluno.

Devido a isto, dificuldades para desenvolver o conhecimento em sustentabilidade em algumas disciplinas da graduação em engenharia são comuns, sobretudo nas matérias básicas dos cursos. Por se tratar de disciplinas técnicas que geralmente tratam sobre assuntos como Matemática, Física, Química, Estatística, Programação, dentre outros, algumas universidades

têm tido dificuldades de encontrar vínculos claros entre os materiais das disciplinas e os conceitos de sustentabilidade (Rajabifard *et al.*, 2021).

Em decorrência disso, muitos educadores não conseguem relacionar os conteúdos ministrados nas disciplinas que lecionam com os aspectos da sustentabilidade, reverberando no aprendizado dos alunos. Isso é ainda mais crítico para professores das disciplinas básicas de ciências exatas nos cursos de engenharia (Pérez-Foguet; Lazzarini, 2019). Logo, uma das razões para a ausência do conteúdo sobre sustentabilidade nas disciplinas se dá pela dificuldade por parte da maioria dos professores de relacionar o conteúdo específico das disciplinas às dimensões da sustentabilidade (Guerra, 2017). Há uma necessidade de se obter uma compreensão mais clara de como esses conceitos podem ser incorporados no currículo de áreas específicas da engenharia.

No entanto, é possível inserir a temática mesmo em disciplinas que aparentam não ter relação com o DS. Com base no material da RSL, encontrou-se exemplos de iniciativas que lograram sucesso no que diz respeito ao ensino sobre sustentabilidade em matérias básicas dos anos iniciais de engenharia. Em seu estudo sobre a integração do DS no ensino de disciplinas básicas da engenharia, Pérez-Foguet e Lazzarini (2019) avaliaram a percepção de alunos e do coordenador acadêmico sobre a incorporação de conceitos de DS na disciplina de álgebra linear. Os autores chegaram à conclusão de que as iniciativas para integrar o DS nessa disciplina tiveram efeitos positivos no conhecimento, nas competências de sustentabilidade e na visão dos alunos enquanto como futuros profissionais da área de engenharia.

Cabe dizer que mesmo sendo uma prática comumente aplicada pelas IES, incorporar a sustentabilidade apenas por meio de uma breve cobertura de novos materiais nas disciplinas não é suficiente para preparar os futuros engenheiros no que diz respeito às demandas que lhes serão exigidas para os desafios de um mundo sustentável, fornecendo uma visão limitada acerca temática e dos problemas a ela relacionados (Shields; Verga; Blengini, 2014).

Desse modo, as soluções propostas não devem se reduzir ao conteúdo teórico e ao conhecimento técnico dos alunos (Zwolinska; Lourenço; Pomykala, 2022). Em várias IES, muitas vezes isso parece acontecer, existindo uma ênfase excessiva no conteúdo ao invés do foco nos resultados de aprendizagem dos alunos (Rose; Ryan; Desha, 2015). É preciso romper com esse modelo de ensino e avançar em direção à uma formação voltada para competências a serem desenvolvidas visando capacitar os futuros engenheiros para resolução de problemas em diferentes situações e contextos, considerando o desenvolvimento econômico à luz de princípios éticos e da responsabilidade socioambiental (Loureiro, 2015).

Destaca-se então a necessidade do **estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade** de modo a impulsionar a compreensão sobre sustentabilidade nos alunos, promover a EDS no currículo e capacitar os futuros engenheiros para o atendimento das demandas da sociedade. Tem sido por meio dessa prática que a maioria dos países tem proposto mudar o ensino de engenharia (Loureiro; Pereira; Pacheco Júnior, 2016).

Assim, para que os alunos adquiram conhecimentos de sustentabilidade e os apliquem na prática profissional, diferentes tipos de competências associadas à sustentabilidade devem ser incorporados nas disciplinas, em diferentes fases do curso (Rajabifard *et al.*, 2021). Para que isso ocorra eficazmente, tal iniciativa deve ser sistemática e abrangente, considerando todo o currículo, uma vez que não é possível desenvolver competências-chave relacionadas a sustentabilidade a partir de uma ou poucas disciplinas (Miñano Rubio *et al.*, 2019).

Cabe dizer que os educadores devem atentar sobre como irão cultivar o desenvolvimento dessas competências de sustentabilidade nos alunos, ou seja, quais métodos de ensino irão utilizar para alcançar esse objetivo. Um dos instrumentos apresentados na literatura para o processo de desenvolvimento dessas competências de sustentabilidade consiste na utilização de abordagens pedagógicas (Lozano *et al.*, 2022).

Nesse sentido, a aplicação de **metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade** no âmbito do ensino da engenharia são cruciais para que os alunos aprendam sobre questões de sustentabilidade, considerando o fato de que, conforme apontado anteriormente, o sucesso das iniciativas voltadas para a incorporação da sustentabilidade está intrinsecamente ligado a uma abordagem pedagógica que seja adequada ao contexto educacional.

Levando em consideração as particularidades concernentes a cada disciplina, tanto no que diz respeito a sua natureza quanto aos objetivos de aprendizagem, é essencial identificar metodologias pertinentes para o currículo de engenharia. Isso é ainda mais premente quando se percebe que uma das principais barreiras encontradas pelos docentes ao incluir a sustentabilidade no currículo é a falta de ferramentas metodológicas (Miñano Rubio *et al.*, 2019). É preciso então que os métodos e técnicas para o ensino da sustentabilidade sejam apropriados, uma vez que isso estende a eficácia do ensino (Zwolinska; Lourenço; Pomykala, 2022).

Nesse sentido, entende-se que a educação em engenharia precisa prover um currículo orientado para a ação e implementar pedagogias de aprendizado centradas no aluno (Guerra, 2017). A utilização dessas metodologias alternativas no ensino deve ser vista mais como uma

prática suplementar à abordagem tradicional do ensino da engenharia, do que propriamente como uma substituta desta.

Diversas abordagens podem ser utilizadas para o ensino da sustentabilidade na engenharia. Dentre elas destaca-se a aprendizagem baseada em projetos (Tasdemir; Gazo, 2020; Pérez-Foguet; Lazzarini, 2019; Regueiro *et al.*, 2019) e a aprendizagem baseada em problemas (Zwolinska; Lourenço; Pomykala, 2022; Ashraf; Alanezi, 2020; Regueiro *et al.*, 2019).

A Aprendizagem baseada em projetos tem se mostrado eficaz na transferência de conhecimento e no desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico dos alunos (Tasdemir; Gazo, 2020) e por isso, recomenda-se a utilização dessa metodologia no ensino da sustentabilidade na engenharia.

A aprendizagem baseada em problemas é uma abordagem inovadora de aprendizagem centrada no aluno, capaz de aprimorar o conhecimento interdisciplinar, a colaboração, as habilidades de resolução de problemas, a comunicação, o pensamento crítico e a aprendizagem autogerida dos alunos (Guerra, 2017). Logo, é uma ferramenta que os educadores podem explorar benéfica e proveitosamente ao longo do curso visando preparar os futuros engenheiros para que sejam capazes de remediar os problemas ambientais, sociais e econômicos existentes e contribuam no estabelecimento de organizações mais sustentáveis.

Percebe-se que a utilização dessas metodologias alternativas objetiva tornar o processo de ensino mais atrativo e relevante, de modo que o aprendizado em sustentabilidade seja mais eficaz. Para facilitar a compreensão sobre questões de sustentabilidade e tornar o ensino mais atrativo, uma alternativa plausível diz respeito à escolha de situações e casos próximos da realidade dos alunos (Silva *et al.*, 2023).

Assim, a aplicação de exercícios reais relacionados à temática a partir de projetos, dinâmicas e atividades que geram o debate e reflexão sobre os temas por parte dos alunos é um aspecto crucial para a inclusão da sustentabilidade nos cursos de engenharia (Rajabifard *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023).

Isso está muito relacionado com a **promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos**. Nesse sentido, sugere-se que diversas ações desse tipo sejam promovidas. Eventos acadêmicos, estágios, projetos de extensão na área, aproximação entre a academia e indústria visando discutir problemas reais relacionados a sustentabilidade, dentre outros, são fundamentais para disseminar conhecimento e integrar alunos e profissionais de engenharia. Essas iniciativas devem ser incentivadas, visto que contribuem na formação e desenvolvimento de uma visão de mundo sustentável dos alunos (Correa *et al.*, 2020).

Por fim, convém destacar a importância das **ações sustentáveis transdisciplinares** para o currículo de engenharia. A partir de uma perspectiva transdisciplinar pode ser abordado a natureza multidimensional do conhecimento, a pluralidade da realidade e a complexidade dos problemas que envolvem a sustentabilidade.

Considerando que a sustentabilidade abarca variadas dimensões, envolve diversos atores e impacta inúmeros contextos, a utilização de iniciativas pedagógicas que promovam a transdisciplinaridade é primordial. O estudo de Tejedor, Segalàs e Rosas-Casals (2018) foi um ponto de partida para avaliar as iniciativas para educação em sustentabilidade no ensino de engenharia a partir da perspectiva da transdisciplinaridade. No entanto, conforme os autores expressam, é necessário o desenvolvimento de mais pesquisas para direcionar a prática de ações transdisciplinares no currículo de engenharia.

Ações transdisciplinares são necessárias porque o ensino de engenharia ainda possui uma ênfase tecnicista, especializada e compartimentada, o que impede os alunos de desenvolverem uma visão mais ampla acerca da realidade dos problemas socioambientais. Grande parte do currículo foi desenvolvido para capacitar os futuros engenheiros para realização tarefas e resolução de problemas técnicos da área, mas não para preparar os alunos para uma vida sustentável, tanto profissional quanto pessoalmente (Mukhtar *et al.*, 2019).

Para transpor essa visão insustentável, tradicionalmente atrelada à prática da engenharia, é necessário cultivar uma formação holística, que aborde as questões da sustentabilidade a partir da união de diferentes campos de estudo e leve em consideração os problemas da sociedade na busca por desenvolvimento humano alinhado ao uso adequado dos recursos da natureza.

Uma abordagem transdisciplinar no ensino pode auxiliar na correção de algumas deficiências identificadas na formação de engenheiros. É o caso, por exemplo, da ênfase na dimensão ambiental em detrimento das outras dimensões. A visão de sustentabilidade na maioria dos cursos de engenharia está muito associada à dimensão ambiental em detrimento das outras dimensões referidas à sustentabilidade. Isso se reflete tanto no currículo, que tende a dar proeminência a essa dimensão, como na compreensão dos alunos, que acabam por ter um entendimento implícito de sustentabilidade como sustentabilidade ambiental (Nikolić; Vukić, 2021).

Tal desequilíbrio pode ainda ser tratado abordando mais diretamente os ODS no currículo, visto que eles constituem uma excelente oportunidade para abordar a sustentabilidade de maneira abrangente, relacionando-a com os conhecimentos específicos e técnicos da

engenharia. Desse modo, os alunos aprenderão sustentabilidade em todas as suas dimensões e não apenas em alguma dela.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DA PRIORIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE ENSINO PARA INCORPORAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO

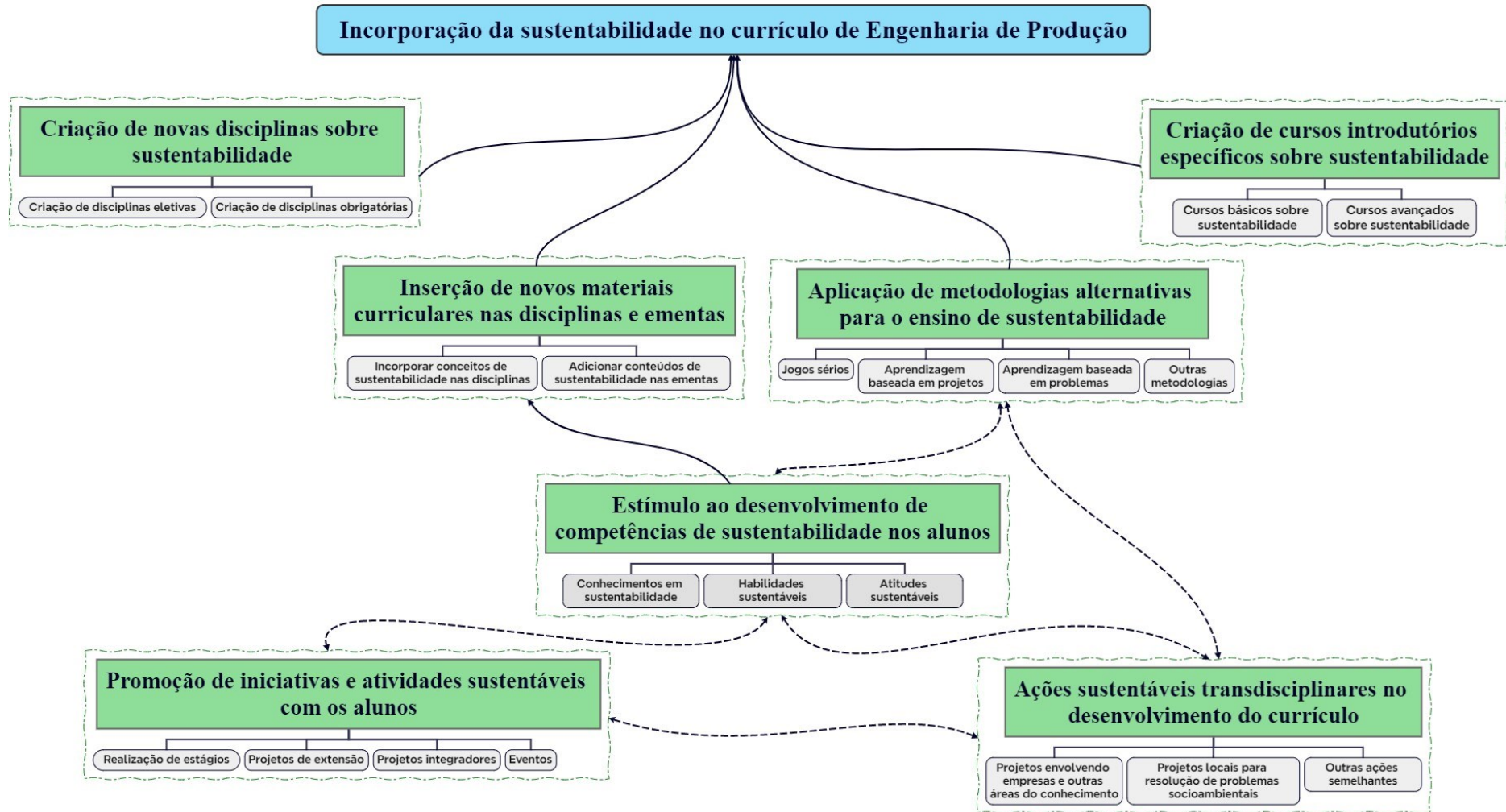
A aplicação da modelagem *Fuzzy* DEMATEL e os resultados encontradas nas entrevistas possibilitaram apresentar uma discussão sobre as principais práticas de ensino adotadas para incorporar a sustentabilidade no currículo, propondo uma estrutura de priorização. As práticas elencadas referem-se tanto à inclusão de conteúdos de sustentabilidade quanto ao uso de metodologias para o ensino da Educação para Desenvolvimento Sustentável (EDS).

No que diz respeito às práticas mais proeminentes e causais, fica evidente que há um predomínio daquelas que têm natureza transversal e estão mais vinculadas a aspectos metodológicos, em contraste com aquelas que dão ênfase ao desenvolvimento de conteúdo. Este é um resultado muito relevante deste trabalho, pois denota que as escolas de engenharia podem iniciar a incorporação da sustentabilidade nos cursos concentrando-se inicialmente nessas práticas que perpassam todo o currículo e impactam no desenvolvimento das demais.

Ressalta-se que essa ênfase nas práticas de natureza transversal demonstra uma preocupação em desenvolver uma abordagem mais interligada, multidisciplinar e holística (Charkova; Somova, 2023). No entanto, convém dizer que conteúdo e método não se contrapõem. Antes, esses aspectos se complementam, de modo que o sucesso da implementação de um fortalece o outro, e vice-versa. Logo, o sucesso da incorporação da sustentabilidade no currículo de engenharia depende de ambos.

Pensando nisso, e após discutir os resultados aqui expostos, elaborou-se um mapa estratégico que aponta quais práticas de ensino são prioritárias para incorporar a sustentabilidade no currículo de EP, visando o alinhamento desses cursos às demandas de sustentabilidade. A Figura 6 expõe o mapa estratégico desenvolvido. As setas pontilhadas duplas apresentam relações causais mútuas entre as práticas, enquanto as setas contínuas apresentam as relações de causalidade de uma prática sobre a outra.

Figura 6 - Mapa estratégico para incorporação da sustentabilidade no currículo de EP a partir das práticas de ensino.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa considera os resultados da modelagem e entrevistas, bem como se fundamenta na literatura científica. Considerando o grau de importância e as relações causais resultantes da modelagem multicritério, fornece uma estrutura para guiar as escolas de engenharia em suas iniciativas pedagógicas rumo à incorporação da sustentabilidade no currículo, sugerindo por onde os cursos de EP podem avançar nessa questão, considerando as práticas de ensino mais prioritárias.

A discussão sobre o mapa estratégico causal revela *insights* sobre a incorporação sistemática das práticas de ensino. Embora haja um interesse crescente em pesquisas na área, a literatura ainda é esparsa e as IES carecem de abordagens integradas e sistemáticas para inserção da sustentabilidade no ensino superior (Leal Filho *et al.*, 2021a; Annan-Diab; Molinari, 2017; Von Blottnitz; Case; Fraser, 2015), tendo em vista que a sustentabilidade é uma questão complexa, que requer uma compreensão profunda e multifacetada.

As relações de influência entre as práticas transversais e as práticas mais conteudistas ressaltam a importância de uma abordagem progressiva e interconectada na educação em engenharia. Essa perspectiva está alinhada com resultados encontrados na RSL, que preconizam uma integração gradual e sistêmica, e reconhece a necessidade de mudanças tanto na estrutura curricular quanto nas metodologias de ensino.

Recomenda-se iniciar a incorporação da sustentabilidade de uma perspectiva macro para micro, priorizando práticas transversais que permeiem todo o programa educacional, abrangendo integralmente o currículo por meio de abordagens holísticas. Este enfoque busca instigar o desenvolvimento de uma mentalidade sustentável nos alunos. Posteriormente, podem ser implementadas iniciativas pontuais e mais focalizadas, concentrando-se no cultivo das práticas mais conteudistas como a criação de disciplinas e de cursos básicos, com o propósito de tratar deficiências específicas identificadas na formação dos discentes. Essa sugestão também encontra respaldo na literatura (Alexa *et al.*, 2020; Sánchez-Carracedo *et al.*, 2019; Miñano- Rubio *et al.*, 2019).

Considerando o mapa estratégico, a incorporação da sustentabilidade no currículo de EP deve focalizar inicialmente no estabelecimento de ações para desenvolver competências de sustentabilidade nos alunos. Estas iniciativas devem ser uma prerrogativa do curso, partindo da administração da universidade e das iniciativas de melhoria e atualização curricular por parte do colegiado de curso.

Discorrendo sobre sua relevância, E5 afirmou que:

“Se eu tivesse que falar de uma prática que seja mais importante, diria que sem o estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade nada acontece. Ela

é o topo da pirâmide. Se a instituição não tem como valor desenvolver competências de sustentabilidade nos alunos, nenhuma das outras práticas acontece. Então, ela é o Norte de todas as outras. As outras são mais operacionalizações ou a tangibilização desta, isto é, são ações mais operacionais para fazer com que a competência de sustentabilidade seja desenvolvida de fato” (E5).

Nesse sentido, percebe-se que existe uma relação direta entre o desenvolvimento de competências e outras práticas de ensino, uma vez que essa prática permeia todo o currículo e orienta as ações a serem desenvolvidas no curso. Logo, quando se concebe competências de sustentabilidade como uma diretriz estratégica para o currículo, a sustentabilidade vai estar presente no dia a dia e direcionar a tomada de decisões, fazendo com que o aluno desenvolva conhecimentos, habilidades e atitudes sustentáveis e passe a atuar de forma comprometida com o DS.

Pensando nisso, a incorporação da sustentabilidade na engenharia deve ter uma orientação voltada para o “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), uma vez que essa prática pode ser concebida como uma diretriz que catalisa o desenvolvimento de outras práticas. Um outro especialista relatou que “o nosso curso notou, através de uma profunda análise, que temos que dar uma orientação não por conteúdo, mas por competência a ser desenvolvida”. Isso é bastante enfatizado na literatura científica, pois quando se trata de criar uma estrutura para o ensino da sustentabilidade, a ênfase tem sido no desenvolvimento de competências de sustentabilidade, de modo que tais competências norteiem o mapeamento e a criação de disciplinas (Robinson *et al.*, 2022).

Para que o desenvolvimento de competências de sustentabilidade seja adequado é necessário um planejamento sistemático ao longo do currículo, abrangendo as diferentes dimensões da sustentabilidade e vinculando os conteúdos lecionados às competências requeridas, de modo que os alunos avancem no domínio das competências à medida que progredem no currículo (Sánchez-Carracedo *et al.*, 2022). Uma alternativa interessante é trabalhar diferentes competências de sustentabilidade por meio de projetos integrados que podem ser desenvolvidos a cada semestre, integrando todas essas competências no final do curso (Miñano- Rubio *et al.*, 2019).

Desse modo, um passo a ser dado para integrar a sustentabilidade na educação em engenharia é o desenvolvimento de “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST). A implementação dessa prática é imperativa em virtude da predominância de uma abordagem excessivamente técnica na educação em engenharia, o que prejudica na formação de uma perspectiva abrangente sobre a sustentabilidade. Assim, considerando que a transdisciplinaridade potencializa a formação profissional e a capacidade de resolver problemas

reais da sociedade (Correa *et al.*, 2020, Tejedor; Segalàs; Rosas-Casals, 2018), essa prática deve ser priorizada.

Adicionalmente, pode-se seguir com a “promoção de iniciativas e atividades práticas para o aprendizado em sustentabilidade”, aspecto essencial, tendo em vista que a aprendizagem em sustentabilidade não deve ficar limitada a uma parte do currículo ou a conhecimentos meramente teóricos do tema.

A promoção dessas práticas revela-se pertinente para mitigar lacunas identificadas na incorporação da sustentabilidade no contexto da engenharia. A literatura científica aponta desafios significativos, tais como “questões sustentáveis debatidas apenas em disciplinas específicas e restritivamente”, “dificuldade de integração de disciplinas para o ensino amplo da sustentabilidade” e “falta de exemplos práticos de como a sustentabilidade pode ser inserida no contexto específico do curso” (Rampasso *et al.*, 2019). Portanto, o “estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade” (EDC) emerge como estratégia para enfrentar os dois primeiros desafios, ao passo que “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP) cooperam para superar a terceira dificuldade mencionada.

Quando essas práticas mais causais e proeminentes estiverem sendo desenvolvidas, é interessante iniciar a aplicação das práticas conteudistas. A partir desse ponto, sugere-se que sejam cultivados “novos conteúdos sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso”. A aplicação dessa prática pode ampliar as ações desenvolvidas no currículo, visto que tende a gerar resultados mais positivos quando implementada em alinhamento com as competências de sustentabilidade definidas no programa educacional.

Logo, uma alternativa para trabalhar estas competências é abordar os ODS em diversas disciplinas, tanto básicas quanto específicas (Zwolinska; Lourenço; Pomykala, 2022), permitindo que os alunos adquiram conhecimentos de sustentabilidade e os apliquem nos diferentes níveis de aprendizagem, à medida em que avançam no curso, tendo em vista a impossibilidade de desenvolver todas as competências em uma disciplina ou etapa do curso (Rajabifard *et al.*, 2021). Desse modo, as competências vão sendo gradativamente desenvolvidas ao longo do currículo.

Seguindo esse raciocínio, pode-se avançar com a “criação de novas disciplinas” (CND) sobre a temática. À medida que as outras práticas mais prioritárias forem sendo desenvolvidas no currículo, aplicar essa prática será importante, tendo em vista que fará com que os alunos tenham acesso à conteúdos específicos sobre a temática e incrementem o conhecimento adquirido ao longo do curso.

Para prosseguir na incorporação da sustentabilidade no currículo, a “aplicação de metodologias alternativas” (AMA) para o ensino é um passo fundamental a ser dado, uma vez que o aprendizado em sustentabilidade é maior quando se utiliza metodologias ativas (Thürer *et al.*, 2018). Além disso, a aplicação dessa prática potencializa a implementação de outras práticas classificadas como relevantes e causais, como “promoção de iniciativas práticas” e “estímulo ao desenvolvimento de competências”.

“criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE), “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) e “criação de novas disciplinas” (CND) sejam implementadas no currículo é necessário considerar aquelas práticas que estão lhe influenciando, práticas causais como “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC), “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST) e “promoção de iniciativas práticas” (PIP)

Nessa perspectiva, a “criação de cursos introdutórios específicos” (CCIE) e “criação de novas disciplinas” (CND) podem ser combinadas com a “aplicação de metodologias alternativas” (AMA) para maximizar o aprendizado. Essa fusão facilita a aplicação das outras práticas no mesmo contexto, maximizando o ensino aprendizagem e impactando positivamente na promoção da sustentabilidade no ensino de engenharia.

Num contexto subsequente, a implementação simultânea das demais práticas tornar-se-á factível e propícia. Desse modo, as iniciativas se encontrarão em um estágio mais avançado de desenvolvimento, culminando em ações estratégicas mais eficazes e apropriadas. Com isso, espera-se que haja uma aplicação coordenada de “inserção de novos materiais curriculares” (INMC) e “ações sustentáveis transdisciplinares” (AST), “promoção de iniciativas práticas” (PIP) e “aplicação de metodologias alternativas” (AMA), com o “estímulo ao desenvolvimento de competências” (EDC) como pano de fundo. Adicionalmente, a apresentação de exemplos concretos da aplicação dessas práticas de ensino proporcionará aos educadores uma visão tangível dos resultados obtidos, incentivando outros docentes a adotarem tais práticas no currículo. Este estágio pode ser considerado o ápice das ações do curso em termos de iniciativas voltadas para a incorporação da sustentabilidade.

É pertinente destacar que o avanço para este nível de maturidade pode ser potencializado quando a alta gestão agir em comprometimento com a implementação dos ODS no âmbito de suas ações administrativas e educacionais. Isso porque a efetividade dessas ações geralmente é ampliada quando provém da alta gestão. Este aspecto é corroborado ao se constatar que a falta de apoio da alta gestão nas IES é uma barreira enfrentada para incorporar a sustentabilidade no currículo, sobretudo no ensino de engenharia (Leal Filho *et al.*, 2023).

Para se tornarem mais sustentáveis, as IES necessitam de um forte compromisso institucional com a sustentabilidade (Berchin *et al.*, 2018). Isso se expressa, dentre outros fatores, na aplicação sistemática das principais práticas de ensino. Uma vez que as políticas institucionais de DS fornecem a base para iniciativas sistemáticas, a adoção dessas práticas para incorporar os ODS deve ser parte integrante da política de ensino e aprendizagem das IES, sobretudo nas escolas de engenharia.

Nesse contexto, as IES privadas podem se sobressair, uma vez que apresentam uma tendência de serem mais dinâmicas e de se adaptarem mais rapidamente às demandas do mercado e às tendências contemporâneas. Em contrapartida, as IES públicas são mais burocráticas, aspecto que que dificulta mudanças em um horizonte temporal de curto e médio prazo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo apresenta-se as considerações finais da pesquisa, contemplando as conclusões gerais, as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Essa pesquisa propôs um conjunto de práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade nos cursos de Engenharia de Produção no Brasil com o propósito de acelerar o alinhamento desses cursos às demandas de sustentabilidade e aos ODS e formar engenheiros que possam tornar as organizações mais sustentáveis.

A priori, o estudo buscou identificar na literatura científica as principais práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade que estão sendo aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. A partir de uma RSL, foram mapeadas e listadas sete práticas de ensino. Estas práticas identificadas referem-se tanto a inserção de conteúdos sobre sustentabilidade como sobre abordagens metodológicas que podem subsidiar a incorporação da temática no currículo.

No intuito de aferir os resultados encontrados na RSL e compreender como as universidades têm aplicado essas práticas no currículo, foi realizada uma pesquisa documental para avaliar se essas práticas foram implementadas em um consórcio internacional de universidades europeias e Latino-Americanas. Tal análise foi relevante para ratificar as práticas de ensino elencadas na RSL, e discutir como essas IES estão incorporando a sustentabilidade no ensino, à luz das ações realizadas no consórcio QUALENV. Assim, confirmou-se as práticas identificadas na literatura que estão presentes na realidade das IES do consórcio.

Das sete práticas elencadas na RSL, seis estiveram presentes e foram incorporadas nas IES do consórcio QUALENV. A prática mais aplicada nos cursos de engenharia foi a “inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas”. “Ações sustentáveis transdisciplinares no currículo de engenharia” tem sido apontada como uma prática fundamental para o preparo de futuros engenheiros. Todavia, a despeito de sua relevância, sua aplicação não foi identificada no consórcio e pouco discutida na literatura.

A listagem dessas práticas de ensino forneceu uma síntese daquilo que tem sido realizado em termos de iniciativas pedagógicas para avançar na Educação para o Desenvolvimento Sustentável no ensino superior, especificamente no ensino de engenharia. Dessa maneira, ao elencar as principais práticas de ensino adotadas para incorporação da

sustentabilidade e discutir essas práticas exaustivamente à luz das ações do consórcio internacional QUALENV, pôde-se alcançar o objetivo da Fase 1.

Contudo, abriu-se caminho para avaliar o nível de incorporação dessas práticas de ensino nos cursos de engenharia do Brasil, com vistas a compreender como as IES estão desenvolvendo iniciativas para incorporar a sustentabilidade no ensino. Para cumprir o objetivo proposto, estudou-se os cursos de EP no Brasil. A partir de um questionário respondido por coordenadores de cursos e posterior realização de entrevistas, pôde-se compreender como as práticas de ensino identificadas na Fase 1 estão sendo adotadas no currículo desses cursos. Além disso, foi possível expor quais ODS têm sido mais abordados no curso quando da aplicação dessas práticas.

Com base na técnica estatística Fleiss Kappa analisou-se o nível de concordância dos especialistas quanto às práticas de ensino e os ODS considerados mais relevantes para o curso de EP. Os ODS mais abordados são o ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), 7 (Energia limpa e acessível) e 4 (Educação de qualidade). Os ODS considerados mais relevantes para a realidade do curso de EP foram: ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 12 (Consumo e produção responsáveis), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), 8 (Emprego digno e crescimento econômico) e 7 (Energias limpa e acessível).

Ainda com base na análise do questionário e entrevistas, fez-se uma síntese do nível de recomendação, frequência de aplicação e uma breve descrição sobre como as práticas de ensino têm sido aplicadas nos cursos de EP. As práticas mais causais foram fortemente recomendadas pelos entrevistados e significativamente aplicadas nos cursos. Essa etapa foi essencial para se ter conhecimento daquilo que tem sido feito nos cursos de EP do Brasil, com vistas a propor sugestões de como incorporar mais eficazmente a sustentabilidade no currículo a partir da implementação de práticas de ensino.

No intuito de determinar a priorização das práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo de EP, a técnica multicritério *Fuzzy DEMATEL* foi aplicada. Assim, o grau de importância e relações causais entre essas práticas foram traçadas, de modo que os resultados obtidos fundamentaram a construção de um modelo de priorização das práticas. O modelo de priorização das práticas aponta caminhos para promover e sistematizar o ensino dos ODS na educação em engenharia e oferece uma estrutura orientadora para as escolas de engenharia, no que se refere ao desenvolvimento de estratégias pedagógicas para incorporar a sustentabilidade no currículo.

Notou-se que as práticas com maior de nível de prioridade foram aquelas que enfatizam a transversalidade e os aspectos metodológicos do ensino. Há uma disposição para se abordar

o “desenvolvimento de competências de sustentabilidade” como aspecto direcionador do currículo de engenharia, bem como uma necessidade de promover “ações sustentáveis transdisciplinares” e “iniciativas práticas no currículo”. As práticas com menor impacto e relevância foram aquelas voltadas para a inserção de conteúdos.

Recomenda-se que as IES focalizem nas práticas mais proeminentes para iniciar o processo de incorporação da sustentabilidade nos cursos de engenharia, visto que permeiam todo o currículo e impactam no desenvolvimento das outras práticas. As práticas com menor impacto e relevância devem ser aplicadas juntamente com as práticas mais proeminentes do sistema, uma vez que tendem a gerar resultados efetivos quando aplicadas dessa forma.

Considerando que as IES estão buscando maneiras para implementar a sustentabilidade nas políticas educativas, este estudo contribui ao apontar as relações causais entre as práticas de ensino e propor um modelo de implementação para a engenharia. É premente que as escolas de engenharia implementem essas práticas de ensino de maneira sistemática visando a capacitação de seus alunos no conhecimento sobre os ODS. Portanto, a Dissertação cumpriu com seu objetivo de propor um conjunto de práticas de ensino para incorporação da sustentabilidade no currículo dos cursos de EP no Brasil, visando o alinhamento desses cursos aos ODS e a formação de engenheiros que tornem as organizações mais sustentáveis.

Do ponto de vista acadêmico, os resultados aqui apresentados podem contribuir na discussão sobre a necessidade de incorporar a sustentabilidade no ensino superior, fornecendo diretrizes para pesquisas sobre a aplicação de práticas de ensino no currículo de engenharia. Do ponto de vista prático, o estudo contribui para que as IES avancem na implementação de práticas para a incorporação da sustentabilidade e cumprimento da agenda 2030, e fornece diretrizes para a melhoria da educação em sustentabilidade nos cursos de EP do Brasil.

Ainda, pode auxiliar coordenadores que buscam propor melhorias nos cursos e docentes que almejam incorporar os ODS em suas práticas de ensino. É relevante também para pesquisadores e estudantes dessa área, levando a considerar questões que podem auxiliar na incorporação dos princípios da sustentabilidade na prática. Além disso, podem subsidiar gestores no desenvolvimento de políticas públicas para alcance dos ODS. Portanto, pesquisadores, engenheiros, professores, coordenadores de cursos, e os diversos *stakeholders* que atuam na área de engenharia para o Desenvolvimento Sustentável certamente se beneficiarão com as discussões apresentadas neste estudo.

6.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A pesquisa limitou-se na Fase 1 à análise dos 48 artigos obtidos das buscas nas bases de dados Scopus e Web of Science até dezembro de 2022. Contudo, os artigos selecionados no portfólio final apresentaram relação com as questões de pesquisa propostas e foram essenciais para sintetizar as principais práticas de ensino presentes na literatura científica internacional, que consistiu em um dos objetivos dessa Dissertação. Por consequência, a pesquisa limitou-se somente aos artigos encontrados nos periódicos internacionais, não recuperando materiais de outras fontes nem realizando busca em bases cinzentas.

Na Fase 2, o estudo limitou-se aos cursos de EP mais bem avaliados pelo MEC. Essa escolha foi feita com vistas a seguir o escopo do trabalho, uma vez que o estudo de todas os cursos de EP do Brasil inviabilizaria a pesquisa, devido ao tempo necessário para o mesmo e a dificuldade de coletar dados em nível nacional, dada a extensão geográfica do Brasil e outros entraves burocráticos.

Na Fase 3 houve a limitação quanto à população da amostra, devido à dificuldade de obter voluntários, visto que apenas 19 especialistas foram abordados para o questionário e 7 realizaram entrevistas. Todavia, foi possível alcançar o objetivo proposto ao cruzar as diversas fontes de coletas de dados e utilizar-se de uma modelagem multicritério com um número significativo de respondentes, enriquecendo o processo de análise dos dados e obtendo maior aprofundamento da temática estudada.

Embora esta pesquisa tenha sido concluída e o objetivos propostos alcançados, cumpre destacar algumas oportunidades de trabalhos futuros que serão apresentadas na seção a seguir.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Inicialmente, detecta-se uma oportunidade de pesquisa futura em um estudo detalhado das práticas de ensino aqui tratadas, de modo que se possa discutir as diversas implicações da adoção de cada uma dessas práticas para a incorporação da sustentabilidade no ensino superior. Nesse aspecto, sugere-se o desenvolvimento de trabalhos que apliquem essas práticas em outras áreas do conhecimento, uma vez que as práticas identificadas possuem uma abrangência que permite sua aplicação em qualquer curso, resguardadas as devidas adaptações.

Assim, é pertinente o desenvolvimento de pesquisas que estudem a aplicabilidade dessas práticas pedagógicas em outros cursos de engenharia, permitindo fazer comparações entre os resultados alcançados, sobretudo pesquisas que apresentem resultados válidos a nível nacional. Além da engenharia, outras disciplinas como administração, cursos na área de

negócios, educação e ciências sociais aplicadas, podem se concentrar em iniciativas pedagógicas para incorporar a sustentabilidade em seus currículos.

A curto prazo, recomenda-se a condução de um estudo com um recorte mais abrangente, incluindo os cursos de EP que não obtiveram pontuação máxima na avaliação do Ministério da Educação do Brasil, obtendo uma amostra representativa para todo o Brasil.

Para avançar em pesquisas na área, sugere-se também o desenvolvimento de estudos que mapeiem os objetivos educacionais para a EDS no currículo de engenharia, delineando, por exemplo, os conteúdos e os métodos de ensino a serem abordados, as competências a serem cultivadas, bem como as formas de avaliação da aprendizagem necessárias nesse processo.

Em se tratando especificamente dos cursos de EP, recomenda-se, a curto prazo, a condução de um estudo com um recorte mais abrangente, incluindo os cursos de EP que não obtiveram pontuação máxima na avaliação do Ministério da Educação do Brasil, obtendo uma amostra representativa para todo o Brasil.

Sugere-se ainda a realização de pesquisas para reformulação do currículo de EP levando em consideração conceitos intimamente relacionados à sustentabilidade, como é o caso da economia circular. Nesse sentido, seria pertinente direcionar esforços para a proposta de uma reestruturação dos cursos de EP, adotando uma abordagem circular. Isso envolveria a definição de competências, conteúdos e métodos de avaliação necessários para viabilizar essa transição.

REFERÊNCIAS

- ABAD-SEGURA, Emilio; GONZÁLEZ-ZAMAR, Mariana-Daniela. Sustainable economic development in higher education institutions: A global analysis within the SDGs framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 294. 126133, 2021.
- ABD-ELWAHED, M. S.; AL-BAHI, A. M. Sustainability awareness in engineering curriculum through a proposed teaching and assessment framework. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 31, n. 3, p. 633–651, 2021.
- ABEPRO. 2024. **Áreas da Engenharia de Produção**. Disponível em: <https://portal.abepro.org.br/profissao/> . Acesso em: 06 fevereiro de 2024.
- ABEPRO. 2010. **Origens e evolução da formação em engenharia de produção**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Hist.pdf>. Acesso em: 11 junho 2022.
- ACOSTA CASTELLANOS, Pedro Mauricio *et al.* Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, p. 1–14, 2020.
- ACOSTA CASTELLANOS, Pedro Mauricio; QUEIRUGA-DIOS, Araceli; ÁLVAREZ, Lina González. Inclusion of education for sustainable development in environmental engineering. A systematic review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 18, 2021.
- AKEEL, Usman Umar; BELL, Sarah Jayne; MITCHELL, John E. Assessing the sustainability content of the Nigerian engineering curriculum. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 20, n. 4, p. 590–613, 2019.
- ANDRADE, Elias Sebastião de. **Diretrizes estratégicas para ambientalização curricular na formação inicial dos engenheiros**. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
- ANNAN-DIAB, Fatima; MOLINARI, Carolina. Interdisciplinarity: Practical approach to advancing education for sustainability and for the Sustainable Development Goals. The **International Journal of Management Education**, v. 15, n. 2, p. 73-83, 2017.
- ALEXA, Lidia *et al.* Engineers changing the world: Education for sustainability in Romanian technical universities-an empirical web-based content analysis. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 5, 2020.
- AREFIN, Md Arman *et al.* Incorporating sustainability in engineering curriculum: A study of the Australian universities. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 2021.
- ARSAT, Mahyuddin *et al.* Integrating sustainability in a student-centered learning environment for engineering education. **Advanced Science Letters**, v. 23, n. 1, p. 651–655, 2017.

ASADI, Shahla et al. Drivers and barriers of electric vehicle usage in Malaysia: A DEMATEL approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 177, p. 105965, 2022.

ASHRAF, Muhammad Waqar; ALANEZI, Faisal. Incorporation of sustainability concepts into the engineering core program by adopting a micro curriculum approach: A case study in Saudi Arabia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 7, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO GUIA 82: Diretrizes para abordar a sustentabilidade nas normas**. 1.ed. Rio de Janeiro, 2022. 25 p.

AURANDT, Jennifer L.; BUTLER, Elizabeth C. Sustainability education: Approaches for incorporating sustainability into the undergraduate curriculum. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 137, n. 2, p. 102–106, 2011.

BANDARI, Reihaneh *et al.* Prioritising Sustainable Development Goals, characterising interactions, and identifying solutions for local sustainability. **Environmental Science and Policy**. v. 127. p. 325–336, 2022.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edição 70, 2011.

BARTH, Matthias; RIECKMANN, Marco. Academic staff development as a catalyst for curriculum change towards education for sustainable development: An output perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 26, n. 2012, p. 28–36, 2012.

BAUTISTA-PUIG, Núria; SANZ-CASADO, Elías. Sustainability practices in Spanish higher education institutions: An overview of status and implementation. **Journal of Cleaner Production**, v. 295, p. 126320, 2021.

BENTO, Danilo Ferreira. **Análise dos cursos de engenharia de produção com abordagens das variáveis do censo da educação superior do INEP**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Florianópolis, 2022.

BERCHIN, Issa Ibrahim *et al.* The importance of international conferences on sustainable development as higher education institutions' strategies to promote sustainability: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 756–772, 2018.

BITTENCOURT, Hélio Radke; VIALI, Lorí; BELTRAME, Ediliane. A engenharia de produção no Brasil: um panorama dos cursos de graduação e pós-graduação. **Revista de ensino de engenharia**, v. 29, n. 1, 2010.

BOUZON, Marina; GOVINDAN, Kannan; RODRIGUEZ, Carlos M. Taboada. Evaluating barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholders' perspective analysis using grey decision-making approach. **Resources, conservation and recycling**, v. 128, p. 315-335, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação – CNE. **Resolução n. 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação

em Engenharia. Brasília: MEC/CNE, 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em 02 out 2022.

CALDERA, Helessage Tharanga Savindi; DESHA, Cheryl; DAWES, Les. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.167, 2017, pp 1546-1565.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza. **A Incorporação de Conceitos da Economia Circular nas Disciplinas e nos Cursos de Engenharia de Produção**. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLI, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza *et al.* Circular Economy and Industry 4.0 into Industrial Engineering Courses: An overview regarding the integration and future insights. **Revista Alcance**, v. 30, n. 2 (Maio/Ago), p. 1-12, 2023.

CHALETA, Elisa *et al.* Higher education and sustainable development goals (SDG)—potential contribution of the undergraduate courses of the school of social sciences of the University of Évora. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1828, 2021.

ÇOLAK, Murat; KAYA, İhsan. Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, n. May, p. 840–853, 2017.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005

COLOMBO, Ciliana Regina; ALVES, Anabela Carvalho. Sustainability in engineering programs in a Portuguese Public University. **Production**, v. 27, n. Specialissue, 2017.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. 2ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1991.

CORREA, Matheus *et al.* An analysis of the insertion of sustainability elements in undergraduate design courses offered by Brazilian higher education institutions: An exploratory study. **Journal of Cleaner Production**, v. 272, 2020.

CORTESE, Anthony D. The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. **Planning for Higher Education**, p. 15–22, 2003.

CRESPO, Bárbara *et al.* The sustainable development goals: An experience on higher education. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 8, p. 1–15, 2017.

CUNHA, Gilberto D. **Um panorama atual da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://abepro.org.br/arquivos/websites/1/PanoramaAtualEP4.pdf>. Acesso em: 01 dez 2022.

DAVIDSON, Cliff I. *et al.* Preparing future engineers for challenges of the 21st century: Sustainable engineering. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 7, p. 698-701, 2010.

DIAZ-SARACHAGA, Jose Manuel; LONGO SARACHAGA, Joana. Lights and shadows in the operationalization of sustainability through the 2030 Agenda in Spanish universities. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 2023.

DIBBERN, Thais Aparecida; SERAFIM, Milena Pavan. The mobilization of the academic community towards the SDGs: Mapping the initiatives of international scientific associations. **Current Research in Environmental Sustainability**. v. 3. p. 1-10, 2021.

DU PISANI, Jacobus A. Sustainable development – historical roots of the concept. **Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 83–96, 2006.

ELKINGTON, John. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Capstone Publishing Ltd, 1999. 424p.

E-MEC. 2024. **Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior Cadastro e-MEC**. Disponível em: <https://emec.mec.gov.br/emec/nova>. Acesso em: 06 fevereiro de 2024

ERMEL, Ana Paula Cardoso et al. **Literature reviews: modern methods for investigating scientific and technological knowledge**. Springer Nature, 2021.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAP.BR**, v. 15, n. 3, p. 667-681, 2017.

FERRER-BALAS, Didac *et al.* Going beyond the rhetoric: system-wide changes in universities for sustainable societies. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 7, p. 607–610, 2010

FLEURY, Afonso. **O que é engenharia de produção**. In: BATALHA, M.O. (Org.) *Introdução à Engenharia de Produção*, Elsevier, 2008.

FORZA, Cipriano. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FRARE, Matheus B. *et al.* Toward a sustainable development indicators system for small municipalities. **Sustainable Development**, v. 28, n. 5, p. 1148-1167, 2020.

GAIDAJIS, Georgios; ANGELAKOGLU, Komninos; AKTSOGLU, Despoina. Sustainable development integration in Greek schools of engineering: current situation, experiences and actions. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 5, n. 2, p. 175–185, 2012.

GLASSEY, Jarka; HAILE, Sue. Sustainability in chemical engineering curriculum. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 13, n. 4, p. 354–364, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GODEMANN, Jasmin *et al.* Higher education and sustainable development: Exploring possibilities for organisational change. **Accounting, Auditing and Accountability Journal**, v. 27, n. 2, p. 218–233, 2014.

GÓMEZ-MARTÍN, Esther M. *et al.* Boosting the sustainable development goals in a civil engineering bachelor degree program. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 22, n. 8, p. 125–145, 2021.

GOODWIN, Kylie *et al.* Benchmarking urban performance against absolute measures of sustainability – A review. **Journal of Cleaner Production**, (2021).

GUERRA, Aida. 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.

GUTIERREZ-BUCHELI, Laura; KIDMAN, Gillian; REID, Alan. Sustainability in engineering education: A review of learning outcomes. **Journal of Cleaner Production**, v. 330, p. 129734, 2022.

HALBE, Johannes; ADAMOWSKI, Jan; PAHL-WOSTL, Claudia. The role of paradigms in engineering practice and education for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 272-282, 2015.

HALL, C. Michael. Constructing sustainable tourism development: The 2030 agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. **Journal of Sustainable Tourism**, v. 27, n. 7, p. 1044–1060, 2019.

HAMIDAH, M. *et al.* Development of a protocol for Malaysian Important Plant Areas criterion weights using Multi-criteria Decision Making – Analytical Hierarchy Process (MCDM-AHP). **Global Ecology and Conservation**, v. 34, p. 02033, 2022.

HARKONEN, Janne; HAAPASALO, Harri; HANNINEN, Kai. **Productisation: A review and research agenda**. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 65-82, 2015.

HERNÁNDEZ-DIAZ, Paula M. *et al.* Holistic integration of sustainability at universities: Evidences from Colombia. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, 2021.

HESSELBARTH, Charlotte; SCHALTEGGER, Stefan. Educating change agents for sustainability - Learnings from the first sustainability management master of business administration. **Journal of Cleaner Production**, v. 62, p. 24–36, 2014.

HOLMBERG, John *et al.* The university and transformation towards sustainability The strategy used at Chalmers University of Technology. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 13, n. 3, p. 219–231, 2012.

HOWLETT, Cathy; FERREIRA, Jo-Anne; BLOMFIELD, Jessica. Teaching sustainable development in higher education: building critical, reflective thinkers through an interdisciplinary approach. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 17, n. 03, p. 305–321, 2016.

IAROSZINSKI NETO, Alfredo; LEITE, Maria Silene. A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção. **Production**, v. 20, p. 1-14, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: Relatório Nacional de Acompanhamento**. Brasília: Ipea: MP, SPI, 2014. 208 p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3205>. Acesso em: 05 fev. 2024.

ISENMANN, Ralf; LANDWEHR-ZLOCH, Sabine; ZINN, Sascha. Morphological box for ESD - landmark for universities implementing education for sustainable development (ESD). **International Journal of management education**, v. 18, n. 1, 2020.

JULIANO, Tiago; MELO, Ismail Barra Nova de; MARQUES, Silvio César Moral. A sustentabilidade nos projetos pedagógicos no ensino superior: um estudo sobre a engenharia de produção nas universidades públicas do Estado de São Paulo. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 22, p. 676-696, 2017.

KILIÇ, Mesut; KAYA, İhsan. Investment project evaluation by a decision making methodology based on type-2 fuzzy sets. **Applied Soft Computing**, v. 27, p. 399–410, 2015.

LAZZARINI, Boris; PÉREZ-FOGUET, Agusti; BONI, Alejandra. Key characteristics of academics promoting Sustainable Human Development within engineering studies. **Journal of cleaner production**, v. 188, p. 237-252, 2018.

LEAL FILHO, Walter *et al.* A framework for the implementation of the Sustainable Development Goals in university programmes. **Journal of Cleaner Production**, v. 299, 2021a.

LEAL FILHO, Walter *et al.* Identifying and overcoming obstacles to the implementation of sustainable development at universities. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 14, n. 1, p. 93–108, 2017.

LEAL FILHO, Walter *et al.* Relevance of international partnerships in the implementation of the UN Sustainable Development Goals. **Nat Commun**, v.13, n.1, p.1-4, 2022.

LEAL FILHO, Walter *et al.* Sustainable Development Goals and sustainability teaching at universities: Falling behind or getting ahead of the pack? **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p.285–294, 2019a.

LEAL FILHO, Walter *et al.* The role of planning in implementing sustainable development in a higher education context. **Journal of Cleaner Production** 235, 678–687, 2019b.

LEAL FILHO, Walter *et al.* Trends in scientific publishing on sustainability in higher education. **Journal of Cleaner Production**, v. 296, p. 126569, 2021b.

LEAL FILHO, Walter; SHIEL, Chris; PAÇO, Arminda. Implementing and operationalising integrative approaches to sustainability in higher education: the role of project-oriented learning. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 126–135, 2016.

LEAL FILHO, Walter *et al.* An overview of research trends on sustainability in higher education—an exploratory study. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 24, n. 5, p. 1161-1175, 2023.

LE BLANC, David. Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. **Sustainable Development**, v. 23, n. 3, p. 176-187, 2015.

LEIFLER, Ola; DAHLIN, Jon-Erik. Curriculum integration of sustainability in engineering education – a national study of programme director perspectives. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 21, n. 5, p. 877–894, 2020.

LOHMANN, Sabrina *et al.* Operations strategy and analysis of competitive criteria: a case study of a food business. **Gestão & Produção**, v. 26, 2019.

LOZANO, Rodrigo. Diffusion of sustainable development in universities' curricula: an empirical example from Cardiff University. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 7, p. 637-644, 2010.

LOZANO, Rodrigo *et al.* Adopting sustainability competence-based education in academic disciplines: Insights from 13 higher education institutions. **Sustainable Development**, v. 30, n. 4, p. 620–635, 2022.

LOZANO, Francisco J.; LOZANO, Rodrigo. Developing the curriculum for a new Bachelor's degree in Engineering for Sustainable Development. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 136-146, 2014.

LOUREIRO, Solange Maria. **Competências para a sustentabilidade/desenvolvimento sustentável: um modelo para a educação em engenharia no Brasil**. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

LOUREIRO, Solange Maria; PEREIRA, Vera Lúcia Duarte do Valle; PACHECO JUNIOR, 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.

LUCENA, Juan; SCHNEIDER, Jen. Engineers, development, and engineering education: From national to sustainable community development. **European Journal of Engineering Education**, v. 33, n. 3, p. 247-257, 2008.

MACDONALD, Laura *et al.* Aligning learning objectives and approaches in global engineering graduate programs: Review and recommendations by an interdisciplinary working group. **Development Engineering**, p. 100095, 2022.

MANOHARAN, Shrinath *et al.* Contextual relationships among drivers and barriers to circular economy: An integrated ISM and DEMATEL approach. **Sustainable Operations and Computers**, v. 3, p. 43-53, 2022.

MANOLIADIS, Odysseus. Education for Sustainability: Experiences from Greece. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 135, n. 2, p. 70–74, 2009.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais.** Edusp, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARHAVILAS, Panagiotis *et al.* Safety-assessment by hybridizing the MCDM/AHP & HAZOP-DMRA techniques through safety's level colored maps: Implementation in a petrochemical industry. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 9, p. 6959–6977, 2022.

MELLO, José André Villas Boas; DOS SANTOS, Vivian Janachevitz Duarte. A formação acadêmica em Engenharia de Produção, a demanda do mercado e as unidades curriculares de Instituições de Educação Superior públicas do Rio de Janeiro. **Exacta**, v. 13, n. 1, p. 55-66, 2015.

MELO, Andreia Varela. **Educação para a sustentabilidade em licenciaturas da área das ciências da natureza na Universidade Federal do Rio Grande do Norte: abordagem curricular e ideias e atitudes de estudantes.** Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Natal, RN, 2019.

MELO, Felipe Guilherme de Oliveira. **Avaliação da qualidade do ensino de Engenharia de Produção no Brasil a partir dos indicadores do SINAES.** 2017. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

MENEGHEL, S.L. *et al.* **Análise dos resultados obtidos nas provas de conhecimento em engenharia aplicadas pelo curso de Engenharia de Produção em uma universidade do sul de Santa Catarina.** IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLII, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2022.

MENON, Shalini; SURESH, M. Synergizing education, research, campus operations, and community engagements towards sustainability in higher education: a literature review. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 21, n. 5, p. 1015–1051, 2020.

MERCIER, Jean *et al.* Understanding continuity in sustainable transport planning in Curitiba. **Urban Studies**, v. 52, n. 8, p. 1454–1470, 2015.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MIÑANO RUBIO, Rafael *et al.* Embedding sustainability competences into engineering education. The case of informatics engineering and industrial engineering degree programs at Spanish universities. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 5832, 2019.

- MIÑANO RUBIO, Rafael *et al.* Introducing ethical, social and environmental issues in ICT engineering degrees. **Journal of Technology and Science Education**, v. 5, n. 4, p. 272–285, 2015.
- MOHER, David *et al.* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **Ann Intern Med.**, n. 151, p. 264-269, 2009.
- MONTENEGRO DE LIMA, Carlos Rogerio *et al.* Sustainability funding in higher education: a literature-based review. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 21, n. 3, p. 441–464, 2020.
- MUKHTAR, Nasiru *et al.* Environmental Sustainability Competency Framework for Polytechnics Engineering Programmes. **IEEE Access**, v. 7, p. 125991–126004, 2019.
- MUKHTAR, Nasiru *et al.* Conceptual Model of Technical Sustainability for Integration into Electrical/Electronic Engineering Programmes in Nigerian Polytechnics. **IEEE Access**, v. 8, p. 128519–128535, 2020.
- NADAE, Jeniffer de; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Uma Análise Dos Sistemas De Gestão Integrados E O Desempenho Baseado No Triple Bottom Line.** XXXVI Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2016, p. 1–17.
- NAZZAL, Dima *et al.* Introduction of sustainability concepts into industrial engineering education: A modular approach. **Advances in Engineering Education**, v. 4, n. 4, p. n4, 2015.
- NIKOLIĆ, Vesna M.; VUKIĆ, Tamara M. Sustainable Development as a Challenge of Engineering Education. **Thermal Science**, v. 25, p. 1921–1933, 2021.
- OLIVEIRA, Vanderli Fava de; ALMEIDA, Nival Nunes de. **Retrospecto e atualidade da formação em engenharia.** In: Trajetória e estado da arte da formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia – volume I: Engenharias / Organizador: Vanderlí Fava de Oliveira. – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010.
- OLIVEIRA, Vanderli Fav.; JÚNIOR, Milton Vieira; FAVA, Ricardo Proba. **Um estudo sobre a evolução dos cursos de graduação em Engenharia de Produção.** IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLIII, Fortaleza, Ceará, Brasil, 17 a 20 de outubro de 2023.
- OLIVEIRA, Vanderli Fava de *et al.* Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de ensino de engenharia**, v. 32, n. 3, p. 37-56, 2013.
- ONU. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 10 de Junho de 2021.
- ONU. **Roteiro para a Localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Implementação e Acompanhamento no nível subnacional.** 2016. Disponível em:<

<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/roteiro-para-a-localizacao-dos-objetivos-de-desenvolvimento-sust.html> >. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

ONYILO, Igogbe Regina *et al.* Sustainable development and sustainability in engineering education in Nigeria. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 8, n. 5, p. 515–520, 2019.

PEREIRA, A.M.G.O. *et al.* **Revisão sistemática das publicações a respeito da efetividade no âmbito educacional**. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XLII, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 4 a 7 de outubro de 2022.

PÉREZ-FOGUET, Agustí *et al.* Promoting sustainable human development in engineering: Assessment of online courses within continuing professional development strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4286-4302, 2018.

PÉREZ-FOGUET, Agustí; LAZZARINI, Boris. Continuing professional education in engineering faculties: Transversal integration of sustainable human development in basic engineering sciences courses. **Journal of cleaner production**, v. 218, p. 772-781, 2019.

PIROUZ, Behrouz *et al.* Investigating a serious challenge in the sustainable development process: Analysis of confirmed cases of COVID-19 (new type of Coronavirus) through a binary classification using artificial intelligence and regression analysis. **Sustainability (United States)**, v. 12, n. 6, 2020.

QUALENV. **Change the Climate: Assuring the Quality of Environmental Strategies in Latin-American Higher Education**. 2020. [Documento confidencial de descrição detalhada do projeto, disponibilizado aos membros pelo Google drive]. Acesso em: 10 fev. 2022.

RAJABIFARD, Abbas *et al.* Applying SDGs as a systematic approach for incorporating sustainability in higher education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 22, n. 6, p. 1266–1284, 2021.

RAMOS, Tomás B. *et al.* Experiences from the implementation of sustainable development in higher education institutions: Environmental Management for Sustainable Universities. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 3–10, 2015.

RAMPASSO, Izabela Simon *et al.* An analysis of the difficulties associated to sustainability insertion in engineering education: examples from HEIs in Brazil. **Journal of Cleaner Production**. v. 193, p. 363–371, 2018.

RAMPASSO, Izabela Simon *et al.* Some of the challenges in implementing Education for Sustainable Development: perspectives from Brazilian engineering students. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 26, n. 4, p. 367-376, 2019.

RAMPASSO, Izabela Simon *et al.* Engineering education for sustainable development: Evaluation criteria for Brazilian context. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 2020.

REGUEIRO, Araceli. *et al.* Designing a holistic process of learning for implementing sustainability: An experience in an engineering doctoral program. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 27, n. 4, p. 765–776, 2019.

RIBEIRO, João Marcelo Pereira *et al.* Green Campus Initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: Students' perceptions. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, n. p. 127671, 2021.

RIO + 20. **The future we want**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: < http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/o-futuro-que-queremos/at_download/the-future-we-want.pdf >. Acesso em: 10 de abril de 2021.

ROCHA, Gustavo Silva *et al.* In the process babel: Definitions, concepts, and tools in a disordered field. **Knowledge and Process Management**, v. 24, n. 3, p. 196-203, 2017.

ROMA, Júlio César. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e cultura**, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019.

ROMERO, Susana. *et al.* Systematic review of how engineering schools around the world are deploying the 2030 agenda. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 12, p. 1–24, 2020.

ROSE, Geoffrey; RYAN, Kris; DESHA, Cheryl. 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.

ROURE, Bastien *et al.* Systematic curriculum integration of sustainable development using life cycle approaches: The case of the Civil Engineering Department at the Université de Sherbrooke. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 19, n. 3, p. 589–607, 2018.

RUIZ-RIVAS, Ulpiano *et al.* Energy engineering curricula for sustainable development, considering underserved areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020.

RYAN, Alexandra *et al.* Sustainability in higher education in the Asia-Pacific: developments, challenges, and prospects. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 11, n. 2, p. 106–119, 2010.

RYDHAGEN, Birgitta; DACKMAN, Carin. Integration of sustainable development in sanitary engineering education in Sweden. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 1, p. 87–95, 2011.

SÁNCHEZ-CARRACEDO, Fermín *et al.* A methodology to analyze the presence of sustainability in engineering curricula. Case of study: Ten Spanish engineering degree curricula. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 17, 2019.

SANCHEZ-CARRILLO, J. C.; CADARSO, M. A.; TOBARRA, M. A. Embracing higher education leadership in sustainability: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 298, p. 126675, 2021.

SANTOS, Fernando César Almada. **Evolução dos cursos de Engenharia de Produção no Brasil**. In: BATALHA, M.O. (Org.) *Introdução à Engenharia de Produção*, Elsevier, 2008

SANTOS, Patrícia Fernanda. **O desempenho profissional do engenheiro de produção: um estudo sobre suas competências e habilidades na visão das empresas.** 2015. Dissertação (mestrado) - Universidade Metodista de Piracicaba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Santa Bárbara D'Oeste, 2015.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila Maria Souza. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 1, p.1-22, 2014.

SARTORI, Simone; WITJES, Sjors; CAMPOS, Lucila Maria Souza. Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues. **Energy Policy**, v. 111, p. 41-51, 2017.

SELIG, Paulo Maurício; CAMPOS, , Lucila Maria Souza.; LERIPIO, Alexandre de Avila. **Gestão ambiental.** In: BATALHA, M.O. (Org.) Introdução à Engenharia de Produção, Elsevier, 2008.

SEMESP. **Mapa do Ensino Superior no Brasil.** Instituto SEMESP, 11. ed. Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Mapa-do-Ensino-Superior-Completo.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2024.

SERAFINI, Paula Gonçalves. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável nas instituições de ensino superior: iniciativas e barreiras no processo de implementação.**2022. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Natal, RN, 2022.

SHEEHAN, Madoc; SCHNEIDER, Phil; DESHA, Cheryl. Implementing a systematic process for rapidly embedding sustainability within chemical engineering education: A case study of James Cook University, Australia. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 112–119, 2012.

SHIELDS, Deborah; VERGA, Francesca; BLENGINI, Gian Andrea. Incorporating sustainability in engineering education Adapting current practices to mining and petroleum engineering education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 15, n. 4, p. 390–403, 2014.

SI, Sheng-Li et al. DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018, p. 1-33, 2018.

SIGAHI, Tiago FAC; SZNELWAR, Laerte Idal. From isolated actions to systemic transformations: Exploring innovative initiatives on engineering education for sustainable development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 384, p. 135659, 2023.

SINGH, Vivek Kumar et al. The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, v. 126, p. 5113-5142, 2021.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes *et al.* Life cycle assessment teaching innovation: experiences from a Brazilian higher education institution. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 24, n. 2, p. 449-461, 2023.

SILVA, Edna Lucia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**– 3. ed. rev. atual. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC,2001. 121p.

SORIA, Beatriz Rodríguez *et al.* Education for sustainable development: Methodology and application within a construction course. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 139, n. 1, p. 72–79, 2013.

SOUZA, Gabriella Cavalcante *et al.* Abordagem de sustentabilidade nos cursos Brasileiros de engenharia de produção. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 7, p. 2465-2478, 2018.

STAKE, Robert E. **Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam**. Editora Penso. Porto Alegre, RS, Brasil. 2011.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK (SDSN,2017) - Australia/Pacific (Org.). **Getting Started with the SDGs in Universities: A Guide for Universities, Higher Education Institutions, and the Academic Sector**. [s. L.]: SDSN, 2017. 55 p.

TASDEMIR, Cagatay; GAZO, Rado. Integrating sustainability into higher education curriculum through a transdisciplinary perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, p. 121759, 2020.

TEJEDOR, Gemma; ROSAS-CASALS, Martí; SEGALÀS, Jordi. Patterns and trends in engineering education in sustainability: A vision from relevant journals in the field. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 20, n. 2, p. 360–377, 2019.

TEJEDOR, Gemma; SEGALÀS, Jordi; ROSAS-CASALS, Martí. Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. **Journal of cleaner production**, v. 175, p. 29-37, 2018.

THÜRER, Matthias *et al.* A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 608-617, 2018.

TOMINAGA, Leonardo Keiti de Godoy *et al.* Critical analysis of engineering education focused on sustainability in supply chain management: an overview of Brazilian higher education institutions. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 2021.

TONON, Guilherme Ferreira; MATSUURA, Gabriel Tetsuya Maia; JUNIOR, Muris Lage. Análise da graduação e da pós-graduação para o curso de engenharia de produção no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, 2022.

TURRIONI, Ana Maria Silveira. **Aprendizagem ativa em um curso de Engenharia de Produção: percepções dos docentes e discentes e mudanças curriculares**. 2017. 206 f. Tese (Doutorado em Educação: Currículo) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017.

UNESCO. **Issues and Trends in Education for Sustainable Development**. Paris, France, 2018.

UNESCO. **Engineering for Sustainable Development**. Paris, France, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644/PDF/375644eng.pdf.multi>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. Resolution of the United Nations General Assembly. New York: United Nations, 2015.

VELAZQUEZ, Luis *et al.* Sustainable university: what can be the matter? **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 9–11, p. 810–819, 2006.

VON BLOTTNITZ, Harro; CASE, Jennifer M.; FRASER, Duncan M. Sustainable development at the core of undergraduate engineering curriculum reform: a new introductory course in chemical engineering. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 300-307, 2015.

WALKER, Rubens Aguiar *et al.* Otimização da matriz curricular para os cursos de Engenharia de Produção no Brasil: Uma aplicação da teoria dos Grafos para a integração da sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 32647-32673, 2019.

WANG, Zhen *et al.* **Composite sustainable manufacturing practice and performance framework: Chinese auto-parts suppliers' perspective**. *Int. J. Production Economics*, v. 170, 2015, pp. 219–233.

WATSON, Mary Katherine *et al.* Assessing curricula contribution to sustainability more holistically: Experiences from the integration of curricula assessment and students' perceptions at the Georgia Institute of Technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 61, p. 106–116, 2013.

WEATHERTON, Yvette Pearson *et al.* Multipronged approach for incorporating sustainability into an undergraduate civil engineering curriculum. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 141, n. 2, 2015.

ŽALĒNIENĒ, Inga; PEREIRA, Paulo. Higher Education For Sustainability: A Global Perspective. **Geography and Sustainability**, v. 2, n. 2, p. 99–106, 2021.

ZWOLINSKA, Klaudia; LORENC, Sylwia; POMYKAŁA, Radosław. Sustainable Development in Education from Students' Perspective-Implementation of Sustainable Development in Curricula. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 6, 2022.

**APÊNDICE A – PORTFÓLIO DE ARTIGOS SOBRE PRÁTICAS PARA A
INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE
ENGENHARIA**

Ano	Título	Autores	Periódico
2022	Adopting sustainability competence-based education in academic disciplines: Insights from 13 higher education institutions	Lozano <i>et al.</i>	Sustainable Development
2022	Sustainable Development in Education from Students' Perspective-Implementation of Sustainable Development in Curricula	Zwolinska; Lourenço; Pomykala	Sustainability
2021	Incorporating sustainability in engineering curriculum: a study of the Australian universities	Arefin <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education
2021	Boosting the sustainable development goals in a civil engineering bachelor degree program	Gomez-Martin <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education
2021	Sustainability awareness in engineering curriculum through a proposed teaching and assessment framework	Abd-Elwahed; Al-Bahi	International Journal of Technology and Design Education
2021	Applying SDGs as a systematic approach for incorporating sustainability in higher education	Rajabifard <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education
2021	Critical analysis of engineering education focused on sustainability in supply chain management: an overview of Brazilian higher education institutions	Tominaga <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education
2021	Inclusion of education for sustainable development in environmental engineering. A systematic review	Acosta Castellanos; Queiruga-Dios; Álvarez	Sustainability
2021	Sustainable Development as a Challenge of Engineering Education	Nikolić; Vukić	Thermal Science
2020	Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America	Acosta Castellanos <i>et al.</i>	Sustainability
2020	Energy engineering curricula for sustainable development, considering underserved areas	Ruiz-Rivas <i>et al.</i>	Journal of Cleaner Production
2020	An analysis of the insertion of sustainability elements in undergraduate design courses offered by Brazilian higher education institutions: An exploratory study	Correa <i>et al.</i>	Journal of Cleaner Production
2020	Conceptual Model of Technical Sustainability for Integration into Electrical/Electronic Engineering Programmes in Nigerian Polytechnics	Mukhtar <i>et al.</i>	IEEE Access
2020	Morphological box for ESD - landmark for universities implementing education for sustainable development (ESD)	Isenmann; Landwehr-Zloch; Zinn.	International Journal of Management Education

2020	Incorporation of sustainability concepts into the Engineering Core Program by adopting a micro curriculum approach: A case study in Saudi Arabia	Ashraf; Alanezi	Sustainability
2020	Engineering education for sustainable development: Evaluation criteria for Brazilian context	Rampasso <i>et al.</i>	Sustainability
2020	Curriculum integration of sustainability in engineering education – a national study of programme director perspectives	Leifler; Dahlin	International Journal of Sustainability in Higher Education
2020	Engineers changing the world: education for sustainability in Romanian Technical Universities—An empirical web-based content analysis	Alexa <i>et al.</i>	Sustainability
2019	Environmental sustainability competency framework for polytechnics engineering programmes	Mukhtar <i>et al.</i>	IEEE ACCESS
2019	Continuing professional education in engineering faculties: Transversal integration of sustainable human development in basic engineering sciences courses	Perez-Foguet; Lazarini	Journal of Cleaner Production
2019	Assessing the sustainability content of the Nigerian engineering curriculum	Akeel; Bell; Mitchell	International Journal of Sustainability in Higher Education
2019	A methodology to analyze the presence of sustainability in engineering curricula. Case of study: Ten Spanish engineering degree curricula	Sánchez-Carracedo <i>et al.</i>	Sustainability
2019	Designing a holistic process of learning for implementing sustainability: An experience in an engineering doctoral program	Regueiro <i>et al.</i>	Computer Applications in Engineering Education
2019	Embedding sustainability competences into engineering education. The case of informatics engineering and industrial engineering degree programs at Spanish universities	Miñano- Rubio <i>et al.</i>	Sustainability
2019	Patterns and trends in engineering education in sustainability: A vision from relevant journals in the field	Tejedor; Rosas-Casals; Segalas	International Journal of Sustainability in Higher Education
2019	Sustainable development and sustainability in engineering education in Nigeria	Onyilo <i>et al.</i>	International Journal of Engineering and Advanced Technology
2018	An analysis of the difficulties associated to sustainability insertion in engineering education: Examples from HEIs in Brazil	Rampasso <i>et al.</i>	Journal of Cleaner Production
2018	Systematic curriculum integration of sustainable development using life cycle approaches: The case of the Civil Engineering Department at the Université de Sherbrooke	Roure <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education
2018	A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula	Thurer <i>et al.</i>	Journal of Cleaner Production

2017	Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer?	Guerra	Journal of Cleaner Production
2017	Integrating sustainability in a student-centered learning environment for engineering education	Arsat <i>et al.</i>	Advanced Science Letters
2017	Sustainability in engineering programs in a Portuguese Public University	Colombo; Alves	Production
2015	Sustainable development at the core of undergraduate engineering curriculum reform: a new introductory course in chemical engineering	Von Blottnitz; Case; Fraser	Journal of Cleaner Production
2015	Multipronged approach for incorporating sustainability into an undergraduate civil engineering curriculum	Weatherton <i>et al.</i>	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice
2015	Introducing ethical, social and environmental issues in ICT engineering degrees	Miñano- Rubio <i>et al.</i>	Journal of Technology and Science Education
2015	Implementing a holistic process for embedding sustainability: a case study in first year engineering, Monash University, Australia	Rose; Ryan; Desha	Journal of Cleaner Production
2014	Incorporating sustainability in engineering education Adapting current practices to mining and petroleum engineering education	Shields; Verga; Blengini	International Journal of Sustainability in Higher Education
2014	Developing the curriculum for a new Bachelor's degree in Engineering for Sustainable Development.	Lozano; Lozano	Journal of Cleaner Production
2013	Education for sustainable development: Methodology and application within a construction course	Soria <i>et al.</i>	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice
2013	Assessing curricula contribution to sustainability more holistically: Experiences from the integration of curricula assessment and students' perceptions at the Georgia Institute of Technology	Watson <i>et al.</i>	Journal of Cleaner Production
2012	Implementing a systematic process for rapidly embedding sustainability within chemical engineering education: A case study of James Cook University, Australia	Sheehan; Schneide; Desha	Chemistry Education Research and Practice
2012	Sustainable development integration in Greek schools of engineering: current situation, experiences and actions	Gaidajis; Angelakoglou; Aktsooglou	International Journal of Sustainable Engineering
2012	Sustainability in chemical engineering curriculum	Glasse; Haile	International Journal of Sustainability in Higher Education
2012	The university and transformation towards sustainability: The strategy used at Chalmers University of Technology	Holmberg <i>et al.</i>	International Journal of Sustainability in Higher Education

2011	Sustainability education: Approaches for incorporating sustainability into the undergraduate curriculum	Aurandt; Butler	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice
2011	Integration of sustainable development in sanitary engineering education in Sweden	Rydhagen; Dackman	European Journal of Engineering Education
2010	Diffusion of sustainable development in universities' curricula: an empirical example from Cardiff University	Lozano	Journal of Cleaner Production
2009	Education for Sustainability: Experiences from Greece	Manoliadis	Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice

Fonte: Elaborado pelo autor.

**APÊNDICE B – DOCUMENTOS DO CONSÓRCIO QUALENV SELECIONADOS
PARA ANÁLISE DOCUMENTAL**

	Documento	Autores	Tipo de arquivo
1	Scope of educational part of Change the Climate	Coordenação	Microsoft Power Point
2	WP2.3 Evolution of the initial Plan v.3	Elsie e Nadia (U Lima); Alberto e Daniel (U Pacifico); Estela Castelli e Renaud (Sulitet); Vasco (coord.)	PDF
3	Awareness survey I: mapping the education activities of our university in relation to the UN Sustainable Development Goals (SDGs)	Coordenação	Formulário <i>Google</i>
4	SDGs in Higher Education	Coordenação	Formulário <i>Google</i>
5	Task plan co-construction of the module “Becoming an SDG compatible university”	Estela Castelli (Sulitet)	Microsoft Power Point
6	Work on “Becoming an SDG compatible university” Sulitest module - Version 2	Estela Castelli (Sulitet)	Microsoft Word
7	Latin America Towards Sustainability	Coordenação	PDF
8	“Producing 3-5 thematic modules covering all, or most of all, university programs”	Estela Castelli (Sulitet)	PDF
9	Case study QualEnv: What’s out there	Estela Castelli (Sulitet)	Microsoft Word
10	Strategic Plan Education for Sustainability- UFSC	Equipe UFSC	Microsoft Word
11	PGA – Programa de Gestão Ambiental: PUC- RS	Equipe PUC RS	Microsoft Word
12	Strategic Plan Education for Sustainability - UNISABANA	Equipe UNISABANA	Microsoft Word
13	2.3.3 Strategic Plan Education for Sustainability -UNISABANA	Equipe UNISABANA	Microsoft Power Point
14	Plan Estratégico de Educación para la Sostenibilidad - UCR	Equipe UCR	Microsoft Word
15	Plan Estratégico de Educación para la Sostenibilidad - UNA	Equipe UNA	Microsoft Word
16	Plan Estratégico de Educación para la Sostenibilidad - ULIMA	Equipe ULIMA	PDF
17	Strategic Plan Education for Sustainability - UDG	Equipe UDG	Microsoft Word
18	Strategic Plan Education for Sustainability - BUAP	Equipe BUAP	Microsoft Word
19	Strategic Plan Education for Sustainability - UNISUL	Equipe UNISUL	Microsoft Word
20	TASK 2.3.3 TASK FORCE MEETING	Coordenação	PDF
21	TASK 2.3.3 TASK FORCE MEETING	Coordenação	MP4
22	Graphic view task 2.3.3	ULIMA	Microsoft Power Point

23	Strategically strengthening HEI's impact to reach SDGs through education	Coordenação	Microsoft Power Point
24	SULITEST's Foundational Matrix and SDG Mapping	ULIMA	Microsoft Power Point
25	Matriz Objetivos Estratégicos-Indicadores-Proyectos	Nádia Rodrigues	Microsoft Excel
26	Cuestionario: Estrategias de sostenibilidad en tu institución	Nádia Rodrigues	PDF
27	Diseño instruccional M03_SESIÓN TEÓRICA Y TALLER_V02	Alberto Antonio Molina	Microsoft Excel
28	Silabo módulo 1 Alimentación saludable y sostenible	Alberto Antonio Molina	Microsoft Excel
29	Silabo módulo 2 Hábitos sostenibles en el hogar	Alberto Antonio Molina	Microsoft Excel
30	Silabo Módulo 3: Compras sostenibles	Alberto Antonio Molina	Microsoft Excel
31	Silabo Módulo 4: Movilidad sostenible	Alberto Antonio Molina	Microsoft Excel
32	Curso Sostenibilidad - QualEnv 2.3.4	Alberto Antonio Molina Vasco Rato	PDF
33	Results of the survey of the course in sustainability	Alberto Antonio Molina Vasco Rato	PDF
34	SuliQuiz Modules for the Open Course	Estela Castelli (Sulitet)	Microsoft Word
35	OpenCourse_Coordination	Coordenação	Microsoft Word
36	Transversal open course on sustainability	Estela Castelli (Sulitet)	Microsoft Word
37	Integrating Sustainable Development into Education Effectively	Vasco Rato	Microsoft Word
38	SDG MAPPING TOOL	Coordenação	PDF
39	Quick guide for SDGs mapping tools	Coordenação	PDF
40	Change the Climate: Assuring the Quality of Environmental Strategies in Latin-American Higher Education QUALENV	Coordenação	PDF
41	Project Guidelines	Vasco Rato	PDF
42	QUALENV Project Brief	Coordenação	PDF

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE PRÁTICAS PARA A INSERÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CURRÍCULO DOS CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Questionário explicativo do *Google Forms* (<https://forms.gle/4mzNyoUf1YT4dZKy6>)



Laboratório de Gestão
e Avaliação Ambiental

Práticas para inserção da sustentabilidade no currículo dos cursos de engenharia

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada “Práticas para inserção da sustentabilidade alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em cursos de Engenharia de Produção no Brasil”, que está sendo desenvolvida pelo mestrando Jefferson Veríssimo de Oliveira no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, sob orientação da Prof^a. Dra. Lucila Maria de Souza Campos e Coorientação do Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda.

A pesquisa visa contribuir para a adoção de práticas de ensino e melhoria da educação em sustentabilidade, com o intuito de acelerar o alinhamento dos cursos de Engenharia de Produção no Brasil aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A sua colaboração poderá auxiliar no avanço do conhecimento científico em relação às temáticas abordadas, contribuindo para a melhoria do ensino em Engenharia de Produção no Brasil.

O preenchimento completo do questionário demanda um período entre 7 (sete) e 15 (quinze) minutos, podendo variar de acordo com o ritmo individual.

A coleta de dados deste estudo será realizada observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e discrição. É garantido o seu direito de recusar a participação, bem como de interrompê-la a qualquer momento, sem qualquer prejuízo a você. Os resultados globais deste estudo serão posteriormente apresentados em publicações científicas, resguardando o anonimato de todos os participantes. Os dados individuais fornecidos não serão objeto de divulgação. Possíveis dúvidas podem ser esclarecidas antes e durante o curso do estudo.

Sua participação nesta pesquisa é voluntária e não remunerada, não envolvendo nenhum tipo de recompensa financeira. A legislação brasileira não permite que você tenha qualquer compensação financeira pela participação em pesquisa. Você também não terá de arcar com nenhum custo para participar da pesquisa.

Ao concordar em participar da pesquisa, você declara que está de acordo com este termo e que está ciente: a) da liberdade de participar ou não da pesquisa, bem como do seu direito de deixar de participar do estudo, sem que isto traga qualquer prejuízo; b) da garantia de receber resposta a qualquer dúvida acerca dos procedimentos e outros assuntos relacionados com a pesquisa; c) da segurança de que não haverá divulgação de dados pessoais e que se manterá o caráter confidencial das informações registradas; d) da garantia de não precisar responder o questionário, caso considere qualquer pergunta constrangedora ou inadequada.

Eventuais riscos aos quais o(a) participante possa estar exposto(a) em decorrência da participação na presente pesquisa, mesmo que em frequência mínima, são a) cansaço e aborrecimento ao responder quanto aos instrumentos de pesquisa; b) desconforto a alguma pergunta específica; c) não saber dar a resposta correta; d) não expor a resposta da forma que gostaria; e) temor em dar uma resposta que imagine comprometer-lo(a) diante da instituição ou da comunidade acadêmica; f) insegurança se as informações serão divulgadas corretamente. Caso ocorra qualquer situação das descritas acima, é indicado que você abandone a pesquisa em qualquer estágio em que esteja o preenchimento do questionário. Ao ocorrer tal caso, os dados fornecidos serão descartados da pesquisa.

Considerando que a proposta foi apresentada e que as dúvidas foram sanadas, solicito o seu consentimento livre e espontâneo, expressando a sua participação neste estudo. Caso você concorde em participar, basta clicar na opção "Concordo", sendo que terá, então, acesso aos instrumentos. Caso não concorde em participar, você deverá clicar na opção "Não concordo" e será direcionado para final do questionário. Pressione a opção enviar e será finalizado o processo.

Em caso de dúvidas no preenchimento, entrar em contato pelo telefone/WhatsApp (83)99677-7534 ou pelo e-mail jeffsonverissimo@gmail.com

Desde já, gratos pela colaboração.

E-mail *

Seu e-mail

Você concorda em participar dessa pesquisa? *

- Concordo
- Não concordo

Com base no curso de Engenharia de Produção (EP) que você coordena, responda:

1) O curso de Engenharia de produção que coordena está localizado na: *

- Região Sul
- Região Sudeste
- Região Centro Oeste
- Região Norte
- Região Nordeste

2) Sua instituição é enquadrada como: *

- Pública Federal
- Pública Estadual
- Pública Municipal
- Privada com fins lucrativos
- Privada sem fins lucrativos
- Especial
- Fundacional

3) Indique a modalidade de ensino do seu curso: *

- Presencial
- A Distância
- Híbrida

4) Indique o ano de início de funcionamento do curso: *

Sua resposta _____

5) Indique o ano da última atualização do Projeto Político Pedagógico do Curso: *

Sua resposta _____

6) Indique o turno de funcionamento do curso: *

- Diurno
- Noturno
- Integral

7) Indique a ênfase (tipo) do curso: *

- Engenharia de Produção Plena
- Engenharia de Produção com Habilitação

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Indique a habilitação do curso que coordena:

Sua resposta _____

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base no curso de Engenharia de Produção que você coordena, responda:

8) No curso que coordena, existem ações para incorporar a sustentabilidade nos currículos? *

- Não
- Ainda não, mas há projetos em andamento
- Não sei afirmar
- Sim, mas ainda incipientes
- Sim, com ações consolidadas

Voltar

Próxima

Limpar formulário

ADOÇÃO DOS ODS

9) Indique quais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são abordados no curso que coordena: *

- ODS 1: Erradicação da pobreza
- ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável
- ODS 3: Saúde e Bem-Estar
- ODS 4 - Educação de qualidade
- ODS 5: Igualdade de gênero
- ODS 6: Água potável e saneamento
- ODS 7: Energia acessível e limpa
- ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico
- ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura
- ODS10 : Redução das desigualdades
- ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis

- ODS 12: Consumo e produção responsáveis
- ODS 13: Ação contra a mudança global do clima
- ODS 14: Vida na água
- ODS 15: Vida terrestre
- ODS 16: Paz, justiça e instituições eficazes
- ODS 17: Parcerias e meios de implementação
- Todos os ODS
- Nenhum ODS

[Voltar](#)[Próxima](#)[Limpar formulário](#)

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 1: Aplicação de metodologias alternativas e dinâmicas para o ensino de sustentabilidade:

- Aplicação de novas práticas pedagógicas e metodologias dinâmicas para aprendizado sobre sustentabilidade;
- Utilização de novas metodologias de ensino, tais como: jogos sérios, Aprendizagem baseada em problemas, Aprendizagem baseada em projetos, Aprendizagem colaborativa, Pensamento sistêmico, entre outras.

10) No curso que coordena, há a aplicação de metodologias alternativas e dinâmicas para o ensino sobre sustentabilidade? *

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 2: Inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso:

- Incorporação dos conceitos de sustentabilidade em várias disciplinas ao longo do currículo (integração horizontal);
- Inserção de conteúdos sobre sustentabilidade e ODS em disciplinas regulares existentes, promovendo mudança nos conteúdos programáticos e nos planos de curso.

11) No curso que coordena, há a inserção de novos materiais curriculares sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas? *

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base numa Revisão Sistemática da literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 3: Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade para o curso:

- Criar disciplinas obrigatórias específicas que abordem a temática na formação básica da engenharia;
- Criar disciplinas eletivas com enfoques específicos que tratem diretamente da temática.

12) No curso que coordena, há iniciativas para criação de novas disciplinas sobre * a temática da sustentabilidade para o curso?

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 4: Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade:

- Criação de um curso geral básico para o ensino de sustentabilidade;
- Criação de cursos de especialização em Desenvolvimento Sustentável.

13) No curso que coordena, há a criação de cursos (introdutórios) específicos * sobre sustentabilidade?

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 5: Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo:

- Articulação de diferentes perspectivas sustentáveis por meio de uma abordagem holística, ultrapassando os limites das áreas de conhecimento, permitindo e facilitando a integração total de diferentes conceitos por meio da interação de pessoas de diferentes áreas, buscando resolver problemas reais e criar soluções criativas e inovadoras.

14) No curso que coordena, há o cultivo de ações sustentáveis transdisciplinares * no desenvolvimento do currículo?

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 6: Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos:

- Realização de estágios e atividades práticas de aula no tema da sustentabilidade;
- Realização de eventos, conferências, workshops, etc. na temática;
- Cultivo de ações voltadas para a comunidade externa junto aos alunos.

15) No curso que coordena, há a promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos? *

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Com base numa Revisão Sistemática da Literatura, identificamos 7 práticas para inserção da sustentabilidade aplicadas no currículo dos cursos de engenharia. Uma breve explicação é fornecida a seguir:

Prática 7: Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno:

- Desenvolvimento de iniciativas e práticas para fomentar intencionalmente nos alunos conhecimentos, habilidades e atitudes sustentáveis.

16) No curso que coordena, há o estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno? *

- Nunca
- Raramente
- Às vezes
- Frequentemente
- Sempre

Voltar

Próxima

Limpar formulário

Outras práticas

17) Existe alguma prática para inserção da sustentabilidade no curso de Engenharia de Produção que na sua opinião não tenha sido abordada nessa pesquisa? Se sim, descreva por favor.

Sua resposta

Voltar

Próxima

Limpar formulário

18) Indique a relevância da incorporação de cada prática para a realidade do curso que coordena: *

	1 – Irrelevante	2 – Pouco relevante	3 – Relevante	4 – Muito relevante	5 – Extremamente relevante
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos

Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno

Voltar

Próxima

Limpar formulário

19) Indique a importância de cada ODS para o currículo do curso que coordena: *

	1- Sem importância	2- Pouco importante	3- Importante	4- Muito importante	5- Extremamente importante
ODS 1: Erradicação da pobreza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 3: Saúde e Bem-Estar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 4 - Educação de qualidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 5: Igualdade de gênero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 6: Água potável e saneamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 7: Energia acessível e limpa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS10 : Redução das desigualdades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 12: Consumo e produção responsáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 13: Ação contra a mudança global do clima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 14: Vida na água	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 15: Vida terrestre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 16: Paz, justiça e instituições eficazes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ODS 17: Parcerias e meios de implementação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)[Próxima](#)[Limpar formulário](#)

GRAU DE INFLUÊNCIA E RELAÇÃO ENTRE AS PRÁTICAS

Através das respostas será possível comparar as práticas para inserção da sustentabilidade elencadas.

Instrução de preenchimento

Para o preenchimento das matrizes, deve ser analisada a influência da categoria de fatores da questão para com a categoria de fatores das opções nas linhas, assinalando uma célula de cada linha de acordo com a legenda:

- 0 – Sem influência;
- 1 – Influência muito baixa;
- 2 – Influência baixa;
- 3 – Influência alta;
- 4 – Influência muito alta.

As práticas e sua descrição foram detalhadas nas seções anteriores. As referências foram ocultadas visando direcionar o enfoque ao texto informativo, mas podem ser enviadas aos respondentes caso seja de interesse.

20) Qual é a influência da **aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade** nas seguintes práticas: *

	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21) Qual é a influência da **Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso** nas seguintes práticas: *

	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

22) Qual é a influência da **criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade** nas seguintes práticas: *

	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<p>23) Qual é a influência da criação de cursos específicos sobre sustentabilidade * nas seguintes práticas:</p>					
	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

24) Qual é a influência de **ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo** nas seguintes práticas:

*

	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
--	--------------------	----------------------------	----------------------	---------------------	---------------------------

Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos

Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno

25) Qual é a influência da **promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos** nas seguintes práticas:

*

0 – Sem influência

1 – Influência muito baixa

2 – Influência baixa

3 – Influência alta

4 – Influência muito alta

Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade

Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso

Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade

Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade

Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

26) Qual é a influência do **estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade no aluno** nas seguintes práticas: *

	0 – Sem influência	1 – Influência muito baixa	2 – Influência baixa	3 – Influência alta	4 – Influência muito alta
Aplicação de metodologias alternativas para o ensino de sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inserção de novos materiais sobre sustentabilidade nas ementas e disciplinas do curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de cursos específicos sobre sustentabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ações sustentáveis transdisciplinares no desenvolvimento do currículo

Promoção de iniciativas práticas e atividades sustentáveis com os alunos

Espaço para comentários gerais sobre o tema ou compartilhamento de experiências (opcional).

Sua resposta

Caso deseje receber os resultados desta pesquisa, assinale abaixo.

Sim

Não

Muito obrigado por sua colaboração!

Ela foi de suma importância para a realização desta pesquisa.

APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

Apresentação da pesquisa:

A entrevista se inicia com a apresentação da proposta do estudo, onde a pesquisador descreve os objetivos do estudo, expõe as razões para o convite e realiza um levantamento das principais características da instituição e do especialista, a fim de trocar informações sobre a problemática da pesquisa e gerar empatia para iniciar a entrevista.

O pesquisador solicita autorização ao entrevistado para que a entrevista seja gravada, para posterior transcrição e análise. Além disso, também é afirmado o compromisso com a confidencialidade dos dados, uma vez que a intenção é a análise das discussões obtidas por meio da entrevista, sem necessidade da identificação direta de quem as expressou.

Execução do roteiro da entrevista semiestruturada, conforme perguntas a seguir:

Perfil:

- 1- Comente em poucas palavras sobre o curso que coordena e sua experiência profissional, sobretudo na coordenação do curso

Incorporação da sustentabilidade:

- 2- Existem ações para incorporar a sustentabilidade no currículo do curso que coordena?
Se sim, descreva sucintamente.
- 3- Como essas ações são direcionadas/distribuídas no ensino, pesquisa ou extensão?
- 4- Você acredita que existe uma tendência dos cursos mais bem avaliados no MEC se atentarem para questões relacionadas à incorporação da sustentabilidade no currículo?

ODS:

- 5- Quais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são abordados no curso que coordena?
- 6- Quais ODS são mais relevantes para o currículo do curso que coordena?

Práticas: As práticas são apresentadas, e é fornecida uma breve explicação de cada uma delas aos entrevistados. Em seguida, é solicitado que comentem sobre a aplicação das práticas, com base nas seguintes perguntas:

- 7- No curso que coordena, há a aplicação de metodologias alternativas e dinâmicas para o ensino sobre sustentabilidade? Como essa prática é aplicada?
- 8- No curso que coordena, há a inserção de novos materiais nas ementas e disciplinas do curso? Como essa prática é aplicada?

- 9- No curso que coordena, há a criação de novas disciplinas sobre a temática da sustentabilidade? Como essa prática é aplicada?
- 10- No curso que coordena, há a criação de cursos introdutórios específicos sobre sustentabilidade? Como essa prática é aplicada?
- 11- No curso que coordena, há o cultivo de ações transdisciplinares no desenvolvimento do currículo? Como essa prática é aplicada?
- 12- No curso que coordena, há a promoção de iniciativas sustentáveis e atividades práticas com os alunos? Como essa prática é aplicada?
- 13- No curso que coordena, há o estímulo ao desenvolvimento de competências de sustentabilidade nos alunos? Como essa prática é aplicada?

Relevância das práticas:

- 14- Em sua opinião, quais práticas são mais importantes para a realidade do curso que coordena?
- 15- Em sua opinião, quais práticas exercem maior influência sobre as outras?
- 16- Você gostaria de adicionar alguma informação, fazer algum comentário sobre algum assunto?

APÊNDICE E – TABELAS E MATRIZES DA APLICAÇÃO DO FUZZY DEMATEL

Tabela A1. Matriz média de relação direta fuzzificada

PRÁTICA	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	[0; 0; 0]	[0,40; 0,65; 0,85]	[0,37; 0,60; 0,81]	[0,31; 0,54; 0,79]	[0,60; 0,85; 0,98]	[0,63; 0,88; 1]	[0,65; 0,90; 1]
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	[0,40; 0,65; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,42; 0,63; 0,85]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,44; 0,69; 0,88]	[0,46; 0,71; 0,87]	[0,52; 0,77; 0,92]
Criação de novas disciplinas (CND)	[0,31; 0,56; 0,79]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0; 0; 0]	[0,44; 0,69; 0,90]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,37; 0,62; 0,85]	[0,46; 0,69; 0,87]
Criação de cursos introdutórios específicos (CCIE)	[0,33; 0,58; 0,81]	[0,42; 0,67; 0,88]	[0,37; 0,60; 0,85]	[0; 0; 0]	[0,29; 0,50; 0,73]	[0,37; 0,60; 0,83]	[0,40; 0,63; 0,83]
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	[0,54; 0,79; 0,92]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0,46; 0,67; 0,83]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0,65; 0,90; 0,98]
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	[0,54; 0,79; 0,96]	[0,46; 0,71; 0,90]	[0,60; 0,60; 0,79]	0,37; 0,62; 0,87]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0; 0; 0]	[0,56; 0,85; 0,96]
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	[0,56; 0,81; 0,94]	[0,58; 0,83; 0,98]	[0,52; 0,79; 0,88]	[0,48; 0,73; 0,85]	[0,62; 0,87; 1]	[0,81; 0,85; 0,94]	[0; 0; 0]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A2. Matriz média de relação direta defuzzificada

PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	0,00	0,63	0,59	0,54	0,81	0,84	0,85
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	0,64	0,00	0,63	0,61	0,67	0,68	0,74
Criação de novas disciplinas (CND)	0,55	0,61	0,00	0,68	0,61	0,61	0,67
Criação de cursos introdutórios específicos (CCE)	0,57	0,66	0,60	0,00	0,51	0,60	0,62
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	0,75	0,67	0,65	0,67	0,00	0,82	0,85
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	0,76	0,69	0,66	0,60	0,82	0,00	0,79
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	0,77	0,79	0,73	0,69	0,83	0,87	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A3. Matriz média de relação direta fuzzificada (IES públicas)

PRÁTICA	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	[0; 0; 0]	[0,40; 0,65; 0,85]	[0,37; 0,60; 0,81]	[0,31; 0,54; 0,79]	[0,60; 0,85; 0,98]	[0,63; 0,88; 1]	[0,65; 0,90; 1]
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	[0,40; 0,65; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,42; 0,63; 0,85]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,44; 0,69; 0,88]	[0,46; 0,71; 0,87]	[0,52; 0,77; 0,92]
Criação de novas disciplinas (CND)	[0,31; 0,56; 0,79]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0; 0; 0]	[0,44; 0,69; 0,90]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,37; 0,62; 0,85]	[0,46; 0,69; 0,87]
Criação de cursos introdutórios específicos (CCIE)	[0,33; 0,58; 0,81]	[0,42; 0,67; 0,88]	[0,37; 0,60; 0,85]	[0; 0; 0]	[0,29; 0,50; 0,73]	[0,37; 0,60; 0,83]	[0,40; 0,63; 0,83]
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	[0,54; 0,79; 0,92]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0,46; 0,67; 0,83]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0,65; 0,90; 0,98]
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	[0,54; 0,79; 0,96]	[0,46; 0,71; 0,90]	[0,60; 0,60; 0,79]	0,37; 0,62; 0,87]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0; 0; 0]	[0,56; 0,85; 0,96]
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	[0,56; 0,81; 0,94]	[0,58; 0,83; 0,98]	[0,52; 0,79; 0,88]	[0,48; 0,73; 0,85]	[0,62; 0,87; 1]	[0,81; 0,85; 0,94]	[0; 0; 0]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A4. Matriz média de relação direta defuzzificada (IES públicas)

PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	0,00	0,63	0,59	0,54	0,81	0,84	0,85
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	0,64	0,00	0,63	0,61	0,67	0,68	0,74
Criação de novas disciplinas (CND)	0,55	0,61	0,00	0,68	0,61	0,61	0,67
Criação de cursos introdutórios específicos (CCE)	0,57	0,66	0,60	0,00	0,51	0,60	0,62
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	0,75	0,67	0,65	0,67	0,00	0,82	0,85
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	0,76	0,69	0,66	0,60	0,82	0,00	0,79
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	0,77	0,79	0,73	0,69	0,83	0,87	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A5. Matriz média de relação direta fuzzificada (IES privadas)

PRÁTICA	AMA	INMC	CND	CCIE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	[0; 0; 0]	[0,40; 0,65; 0,85]	[0,37; 0,60; 0,81]	[0,31; 0,54; 0,79]	[0,60; 0,85; 0,98]	[0,63; 0,88; 1]	[0,65; 0,90; 1]
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	[0,40; 0,65; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,42; 0,63; 0,85]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,44; 0,69; 0,88]	[0,46; 0,71; 0,87]	[0,52; 0,77; 0,92]
Criação de novas disciplinas (CND)	[0,31; 0,56; 0,79]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0; 0; 0]	[0,44; 0,69; 0,90]	[0,38; 0,62; 0,83]	[0,37; 0,62; 0,85]	[0,46; 0,69; 0,87]
Criação de cursos introdutórios específicos (CCIE)	[0,33; 0,58; 0,81]	[0,42; 0,67; 0,88]	[0,37; 0,60; 0,85]	[0; 0; 0]	[0,29; 0,50; 0,73]	[0,37; 0,60; 0,83]	[0,40; 0,63; 0,83]
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	[0,54; 0,79; 0,92]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0,46; 0,67; 0,83]	[0,46; 0,69; 0,87]	[0; 0; 0]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0,65; 0,90; 0,98]
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	[0,54; 0,79; 0,96]	[0,46; 0,71; 0,90]	[0,60; 0,60; 0,79]	0,37; 0,62; 0,87]	[0,62; 0,87; 0,98]	[0; 0; 0]	[0,56; 0,85; 0,96]
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	[0,56; 0,81; 0,94]	[0,58; 0,83; 0,98]	[0,52; 0,79; 0,88]	[0,48; 0,73; 0,85]	[0,62; 0,73; 0,85]	[0,81; 0,85; 0,94]	[0; 0; 0]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A6. Matriz média de relação direta defuzzificada (IES privadas)

PRÁTICAS	AMA	INMC	CND	CCE	AST	PIP	EDC
Aplicação de metodologias alternativas (AMA)	0,00	0,63	0,59	0,54	0,81	0,84	0,85
Inserção de novos materiais curriculares (INMC)	0,64	0,00	0,63	0,61	0,67	0,68	0,74
Criação de novas disciplinas (CND)	0,55	0,61	0,00	0,68	0,61	0,61	0,67
Criação de cursos introdutórios específicos (CCE)	0,57	0,66	0,60	0,00	0,51	0,60	0,62
Ações sustentáveis transdisciplinares (AST)	0,75	0,67	0,65	0,67	0,00	0,82	0,85
Promoção de iniciativas práticas (PIP)	0,76	0,69	0,66	0,60	0,82	0,00	0,79
Estímulo ao desenvolvimento de competências (EDC)	0,77	0,79	0,73	0,69	0,83	0,87	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.