



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARIA CRISTINA ALVES DE LIMA

**FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS CIVIS VOLTADA PARA AS
DEMANDAS DE UMA SOCIEDADE MAIS SUSTENTÁVEL**

Recife, PE
2024



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARIA CRISTINA ALVES DE LIMA

**FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS CIVIS VOLTADA PARA AS
DEMANDAS DE UMA SOCIEDADE MAIS SUSTENTÁVEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Dra. Emilia R. Kohlman Rabbani
Coorientadora: Profa. Dra. Anna Lúcia Miranda Costa

Recife, PE
2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

L732f Lima, Maria Cristina Alves de
Formação de engenheiros civis voltada para as demandas de uma sociedade mais sustentável. / Maria Cristina Alves de Lima. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2024.

177 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Emília R. Kohlman Rabbani
Coorientadora: Profa. Dra. Anna Lúcia Miranda Costa

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2024.

1. Engenharia Civil. 2. Indústria da Construção.
3. Hard Skills e Soft Skills. 4. Sustentabilidade. 5.
Universidade. I. Construção Civil – Dissertação. II. Rabbani,
Emília Rahnemay Kohlman (orient.). III. Costa, Anna Lúcia
Miranda (coorient.). IV. Universidade de Pernambuco, Escola
Politécnica, Mestrado em Construção Civil. V. Título.

CDD: 690.028

MARIA CRISTINA ALVES DE LIMA

**FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS CIVIS VOLTADA PARA AS
DEMANDAS DE UMA SOCIEDADE MAIS SUSTENTÁVEL**

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora



Profa. Dra. Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani
Universidade de Pernambuco

Coorientadora

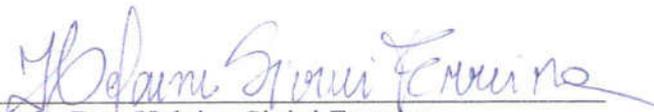


Profa. Dra. Anna Lúcia Miranda Costa
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão
Universidade de Pernambuco



Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Recife-PE
2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a toda comunidade acadêmica
que acredita em um mundo com mais equidade,
socialmente inclusivo, economicamente justo e
ambientalmente sustentável.

AGRADECIMENTOS

À Deus, ao universo, a todas as forças superiores que me conduzem nesse plano.

A minha mãe Josefa de Lourdes (*in memoriam*), de quem herdei o gosto pelo estudo, e que me fez prometer, em seu leito de morte, fazer a graduação em Engenharia Civil e hoje estou um degrau a mais do que prometi. Também ao meu pai Manoel Alves (*in memoriam*) que foi exemplo de honestidade e força de trabalho.

Aos meus irmãos Mario César e Marcio Célio, que tanto amo e aos meus sobrinhos Maria Camila, Maria Carolina, Dayane e Raul. E a todos os familiares que sempre torceram pelas minhas conquistas, especialmente tia Nena e Érica.

Aos professores que me acompanharam ao longo dessa trajetória, especialmente as minhas orientadoras Dra. Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani e Dra. Anna Lúcia Miranda Costa, por todo o conhecimento passado e confiança depositada.

Aos amigos e parceiros – Marcos Barbosa, Ana Karla Batista e Kelly Afro – que contribuíram de forma concreta ao longo de toda jornada, começando com o pagamento da minha inscrição para a seleção desse mestrado.

A todos os colegas de turma que tive o prazer de conviver, em especial a Ceça Costa, Rejane, Erivânia Kayelle, Augusto Rodrigues, Kássia e Igor, que generosamente compartilharam o seu conhecimento tornando esse trabalho muito mais rico, assim como me fortaleceram nas horas que mais precisei.

A toda equipe da Dra. Raquel, Dra. Tâmara e Dra. Josi. A Shayene, Vânia e Silvio, que sempre me receberam com imenso carinho.

Agradeço ao PEC/POLI, na pessoa do Professor Dr. Jaime Cabral, Dra. Yêda Póvoas e em especial a Dona Lúcia que sempre me atendeu com imenso carinho.

Também não posso deixar de agradecer ao Professor Alexandre Gusmão e as Professoras Helaine Sivini e Eliane Gorga, que gentilmente contribuíram com esta pesquisa.

Minha gratidão também se estende a todas as pessoas que de forma direta ou indireta possibilitaram a minha chegada até aqui, isso inclui os meus antepassados.

E por último, a Príncipe que possibilitou que eu fizesse o curso sem trabalhar.

“Sacrificar algo grande em benefício de algo maior.”

Khalil Gibran

RESUMO

Na busca por crescimento e desenvolvimento, o ser humano acaba sobrecarregando o meio ambiente e ameaçando a própria existência. Como a indústria da construção é uma das maiores do mundo, responsável pelo consumo de grande quantidade de matéria prima e numerosa mão de obra, um olhar mais criterioso sobre a formação dos profissionais desse setor se faz necessário, para que as demandas atuais e futuras da sociedade sejam atendidas de forma sustentável. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa consiste em apresentar as principais características necessárias à formação do engenheiro civil, considerando uma formação holística capaz de preparar profissionais para o desenvolvimento sustentável e utilizar novas tecnologias para a modernização do setor da construção. Assim foram realizadas a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e a pesquisa documental das melhores Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil e do mundo. Critérios e indicadores de qualidade foram identificados e categorizados e, a partir desses resultados, foram feitas consultas a três gestoras da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), com o objetivo de propor ações que possam contribuir com a formação dos engenheiros civis dessa universidade. Com base nos dados encontrados, sugeriu-se quatro indicadores de natureza estruturante e cinco de natureza não-estruturante, compatíveis com a atual realidade da POLI/UPE, destacando que a maior dificuldade para a modernização do ensino-aprendizagem está na aproximação entre teoria e prática, que promove o desenvolvimento sustentável. Enfim, esta pesquisa se mostra relevante ao destacar não só a formação técnica, mas a importância da formação profissional-cidadã que visa a construção de um mundo mais justo.

Palavras-chave: Engenharia Civil. Indústria da construção. Hard skills e Soft skills. Sustentabilidade. Universidade.

ABSTRACT

In the search for growth and development, human beings end up overloading the environment and threatening their own existence. As the construction industry is one of the largest in the world, responsible for the consumption of a large quantity of raw materials and a large workforce, a more careful look at the training of professionals in this sector is necessary, so that the current and future demands of society are served in a sustainable way. In this context, the objective of this research is to present the main characteristics necessary for the training of civil engineers, considering a holistic training capable of preparing professionals for sustainable development and using new technologies for the modernization of the construction sector. Thus, the Systematic Literature Review (RSL) and documentary research of the best Higher Education Institutions (HEIs) in Brazil and the world were carried out. Quality criteria and indicators were identified and categorized and, based on these results, consultations were carried out with three managers from the Polytechnic School of the University of Pernambuco (POLI/UPE), with the aim of proposing actions that could contribute to the training of civil engineers of this university. Based on the data found, four indicators of a structuring nature and five of a non-structuring nature were suggested, compatible with the current reality of POLI/UPE, highlighting that the greatest difficulty in modernizing teaching-learning lies in the rapprochement between theory and practice that promotes sustainable development. Ultimately, this research is relevant in highlighting not only technical training, but the importance of professional-citizen training that aims to build a fairer world.

Keywords: Civil Engineering. Construction industry. Hard skills and Soft skills. Sustainability. University.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	24
Figura 2 - Marcos da revolução industrial.....	26
Figura 3 – Diferença entre as indústrias.	27
Figura 4 – Princípios básicos da Indústria 4.0.....	31
Figura 5 - Representação do desenvolvimento sustentável.	39
Figura 6 – Síntese de competência, habilidade e aptidão.....	42
Figura 7 - Composição e componentes de avaliação do RUF.....	61
Figura 8 - Etapas da revisão sistemática da literatura	73
Figura 9 - Percurso formativo dos módulos de especialização da POLI/USP.	89
Figura 10 - Conjunto de disciplinas optativas livres do CEE em Geotecnia e Meio Ambiente.	90
Figura 11 - Conjunto de disciplinas optativas do CEE em Engenharia de Estruturas.....	90
Figura 12 - Conjunto de disciplinas optativas livres do CEE em Engenharia de Transportes.	91
Figura 13 - Percurso formativo do pré-mestrado.....	93
Figura 14 - Percurso para obtenção do duplo diploma na POLI/USP.....	93
Figura 15 – Flexibilização do percurso formativo de Engenharia Civil na POLI/USP.	94
Figura 16 – Estrutura da taxonomia de <i>Bloom</i>	96
Figura 17 - Distribuição e extração dos artigos nas bases de dados.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho de 2012 a 2022 das IES no ranque internacional da QS.	55
Gráfico 2 - Gráfico de desempenho IES do Brasil, segundo ARWU de 2020 a 2022.	60
Gráfico 3 - Duração máxima dos cursos de Engenharia Civil.	83
Gráfico 4 - Horário dos cursos de Engenharia Civil.	86
Gráfico 5 - Disciplinas do ciclo profissional a partir do primeiro período.	87
Gráfico 6 - Flexibilização de módulos de especialização nos cursos de Engenharia Civil.	91
Gráfico 7 - Universidades analisadas que utilizam projeto integrador.	97
Gráfico 8 - Quantidade de vezes que aparece a palavra Sustentabilidade nos PPC.	101
Gráfico 9 - Quantidade de vezes em que o termo Direitos Humanos aparece nos PPC.	104
Gráfico 10 - Quantidade de vezes que aparece a palavra Inovação nos PPC.	105
Gráfico 11 - Total de artigos das bases e suas respectivas quantidades incluídas.	119
Gráfico 12 – Relação de ingressantes, formados e número de vagas da última década na POLI/UPE.	130
Gráfico 13 – Evolução do tempo de conclusão do curso de Engenharia Civil na POLI/UPE.	131

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Composição da nota do ranque da <i>QS</i>	52
Tabela 2 - Ranque mundial das IES de 2022.....	53
Tabela 3 - Critérios, indicadores e peso, que compõe a nota.	57
Tabela 4 - Ranque Universitário Folha (RUF) de 2019.	61
Tabela 5 - Distribuição de carga horária da POLI/USP.	84
Tabela 6 - Registros de alunos de 2012.1 a 2022.1 no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE.....	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões do BIM e suas características.	32
Quadro 2 - Ranque mundial das IES de 2022.	54
Quadro 3 - Ranque mundial das IES de 2023.	54
Quadro 4 - Ranque mundial <i>THE</i> das IES de 2022.	56
Quadro 5 - Ranque <i>QS</i> , <i>THE</i> e <i>ARWU</i> , das 10 melhores universidades de 2020 a 2022.	58
Quadro 6 - Ranqueamento das IES do Brasil de 2020 a 2022, segundo a <i>ARWU</i>	59
Quadro 7 - Ranque dos melhores cursos de Engenharia Civil do mundo de 2022.	68
Quadro 8 - Melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil.	69
Quadro 9 - Melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil segundo o Enade.	69
Quadro 10 - Ranque Universitário Folha dos cursos de Engenharia Civil de 2019.	70
Quadro 11 – Documentos analisados.	71
Quadro 12 - Descrição das revisões sistemáticas da literatura.	74
Quadro 13 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos da <i>RSL</i>	75
Quadro 14 – Resumo do sequenciamento dos filtros da <i>RSL</i>	76
Quadro 15 – Resumo do procedimento metodológico.	79
Quadro 16 - Resumo dos critérios e indicadores de avaliação das IES do Brasil.	108
Quadro 17 - Resumo dos critérios e indicadores de avaliação das IES internacionais.	116
Quadro 18 - Artigos aderentes a pesquisa da <i>Web of Science</i> e <i>Engineering Village</i>	119
Quadro 19 - Categorização dos critérios de qualidade e sugestão para melhoria na formação acadêmica da POLI/UPE.	135

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARWU	Academic Ranking of World Universities
BIM	Building Information Modeling (Modelagem de Informação da Construção)
Caltech	Instituto de Tecnologia da Califórnia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CE	Ceará
CES	Câmara de Educação Superior
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNM	Conselho Nacional de Municípios
CP	Conselho Pleno
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DF	Distrito Federal
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
ES	Espírito Santo
EUA	Estados Unidos da América
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GIZ	Diretoria de Inovação e Metodologias Ativas
IA	Inteligência Artificial
IBEC	Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos
IES	Instituições de Ensino Superior
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
LaPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
MG	Minas Gerais
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NDE	Núcleo Docente Estruturante
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas
PE	Pernambuco
PEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PET	Programa de Extensão Tecnológica
PIB	Produto Interno Bruto
PLN	Processamento de Linguagem Natural
POLI	Escola Politécnica
PPC	Projeto Pedagógico de Curso
PPGEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PPMEC	Programa de Pré-Mestrado em Ciência e Tecnologia da Engenharia Civil
PR	Paraná
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises)
QR Code	Quick Response Code
QS	Quacquarelli Symonds
RA	Realidade Aumentada
RJ	Rio de Janeiro
RS	Rio Grande do Sul
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RUF	Ranque Universitário Folha
SCIE	Science Citation Index-Expanded (Índice de Citações Científicas Expandido)
SP	São Paulo
SSCI	Social Science Citation Index (Índice de Citações em Ciências Sociais)
TAS	Tópicos Avançados em Sustentabilidade
THE	Times Higher Education
TIM	Trabalho Integralizador Multidisciplinar
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFF	Universidade Federal Fluminense

UFG	Universidade Federal de Goiás
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPel	Universidade Federal de Pelotas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFSP	Universidade Federal de São Paulo
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UnB	Universidade de Brasília
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)
UNESP	Universidade Estadual de São Paulo
UNICAMP	Universidade de Campinas
UPE	Universidade de Pernambuco
UPOP	Programa de Oportunidades de Prática de Graduação
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivos	22
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	22
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	22
1.2	Organização do trabalho	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	Sociedade 5.0	25
2.1.1	<i>Características, princípios e tecnologias da Indústria 4.0</i>	27
2.1.2	<i>Desafios enfrentados pela indústria da construção sustentável</i>	36
2.2	Engenheiro Inovador	41
2.2.1	<i>Habilidades e competências do Engenheiro Inovador</i>	42
2.2.2	<i>Formação humanizada e humanística</i>	44
2.3	Escolas de Engenharia Civil	46
2.3.1	<i>Estrutura curricular dos cursos de Engenharia Civil</i>	49
2.3.2	<i>Ranqueamento internacional de instituições de ensino superior</i>	51
2.3.3	<i>Ranqueamento nacional de instituições de ensino superior</i>	59
2.4	Considerações do capítulo	62
3	METODOLOGIA	64
3.1	Pesquisa documental	66
3.2	Revisão sistemática da literatura	73
3.3	Entrevista/consulta aos profissionais	76
3.4	Considerações do capítulo	77
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
4.1	Pesquisa Documental	80

4.1.1	<i>Diferencial das melhores IES do Brasil</i>	81
4.1.2	<i>Critérios de qualidade das IES internacionais</i>	109
4.2	Revisão Sistemática da Literatura – RSL	117
4.2.1	<i>Habilidades e tecnologias que ajudam o engenheiro civil modernizar a indústria</i>	121
4.2.2	<i>Estratégias educacionais exitosas</i>	122
4.2.3	<i>Conceitos de sustentabilidade incorporados nos cursos de Engenharia Civil</i>	126
4.2.4	<i>Perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador</i>	129
4.3	Diagnóstico e sugestões para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE	130
4.4	Considerações do capítulo	136
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	142
5.1	Limitações da pesquisa	142
5.2	Recomendações para pesquisas futuras	143
5.3	Conclusões	144
	REFERÊNCIAS	146
	APÊNDICE A – Formulário das entrevistas semiestruturadas	168
	ANEXO A – Email recebido da UFMG	173
	ANEXO B – Email recebido da UFPR	174
	ANEXO C – Email recebido da UFPE	175
	ANEXO D – Formas de incorporar as metodologias ativas da Caltech	176

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das maiores indústrias da economia do mundo representando 13% do PIB global (RIBEIRINHO *et al.*, 2020). Requisitos como sustentabilidade, custos, escassez de habilidades, novos materiais, industrialização e digitalização, estão sofrendo transformações a fim de atender as exigências dessa quarta revolução industrial no setor da construção (LUND *et al.*, 2020; RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

O conceito de Construção 4.0 implica uma ampla e profunda transformação dos processos de gestão de projetos dos empreendimentos de construção, por meio da utilização de dados em tempo real usando tecnologias na tomada de decisão (DALLASEGA *et al.*, 2018). A inovação tecnológica é o eixo principal dessa revolução, onde a digitalização de processos, inteligência artificial e a Internet das Coisas (IoT), possibilitam conectar máquinas e criar robôs autônomos, favorecendo a eficiência dentro das indústrias (CAVALCANTE; ALMEIDA, 2018; WARNER; WÄGER, 2019).

O uso dessas tecnologias está permitindo além da digitalização e automação a integração dos processos de construção em todo o ciclo da cadeia de valor. Esta revolução industrial vem alterando as relações de trabalho, o consumo, as formas de produção e o comércio (DE LIMA CAVALCANTI *et al.*, 2018; OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). Nos últimos anos o aumento da demanda por projetos de construção em diferentes áreas como segurança, energia e gestão de custos, levou a indústria a novas ferramentas e métodos, incluindo o uso mais eficiente de tecnologias digitais (SIDANI *et al.*, 2021; WARNER; WÄGER, 2019).

No entanto, o progresso ainda ocorre de forma lenta em relação à adoção e implementação das tecnologias 4.0 no setor da construção. Isso se deve ao custo econômico, aceitação da tecnologia, maior exigência de equipamentos e falta de conhecimento (ANANYIN *et al.*, 2018; ARIPIIN *et al.*, 2019; EGGERS; PARK, 2018). A literatura consultada permitiu observar que com o advento da quarta revolução industrial a Engenharia Civil precisa correr contra o tempo para acompanhar essa nova era, pois a Indústria 4.0 está longe de ser aproveitada em todo o seu potencial no setor da construção no que diz respeito a termos de investimento e adoção de novas tecnologias.

Estudos apontam que o mundo está vivenciando a transição da quarta para a quinta revolução industrial, em que a Indústria 5.0 mostra-se como a evolução da Indústria 4.0,

baseada na sustentabilidade e na economia circular, no qual o ser humano ocupa lugar de destaque (XU *et al.*, 2021). Sendo assim, continuar do mesmo jeito é ignorar as potencialidades advindas das transformações tecnológicas e digitais.

Porém essas rápidas mudanças que estão transformando e inovando o mundo nem sempre estão proporcionando equidade, inclusão e participação democrática, a partir da perspectiva da sustentabilidade. Na busca por crescimento e desenvolvimento, o ser humano acaba sobrecarregando o ambiente natural e ameaçando a própria existência. Diante dos problemas econômicos, ambientais e sociais, nasce o desafio de alcançar o equilíbrio sustentável. Como a construção civil se destaca por sua enorme demanda de matéria prima, mão de obra e expressiva influência econômica, valorizar a sustentabilidade é primordial (SCHWAB, 2019; UNESCO, 2021).

Antes de mais nada vale lembrar que sustentabilidade ambiental se preocupa com a forma de consumo de bens e recursos naturais disponíveis no planeta. Já a sustentabilidade econômica envolve a produção, distribuição e consumo de bens e serviços. Enquanto a sustentabilidade social diz respeito a qualidade de vida das pessoas. A sustentabilidade em suas três dimensões, ambiental, econômica e social, equivalem ao desenvolvimento sustentável (CRUZ; FERRER, 2015; MOORE *et al.*, 2017).

Sendo assim, num contexto que se caracteriza pelos desafios da Sociedade 5.0 e as transformações tecnológicas decorrentes, importante direcionar um olhar mais criterioso sobre a formação do profissional de Engenharia Civil, pois de acordo com Dias Sobrinho (2013), cabe às Instituições de Ensino Superior (IES) assumirem o compromisso com a oferta de cursos que atendam às expectativas e demandas atuais, fundamentadas nos princípios da sustentabilidade e da ética.

Pois, além de aptidões técnicas, habilidades, competências e conhecimentos tecnológicos, o engenheiro civil deve ter e desenvolver a consciência da responsabilidade que a profissão exige devido às intervenções feitas no meio ambiente (SILVA; SILVA; KOHLMAN RABBANI, 2017). De acordo com Organização Internacional do Trabalho, o futuro do trabalho é centrado no ser humano (OIT, 2019). Nessa perspectiva, o ensino deverá estar organizado em torno de princípios como cooperação, colaboração e solidariedade; onde a promoção das capacidades intelectuais, sociais e morais dos alunos, possam transformar o mundo com empatia e compaixão (OECD, 2021; RIBEIRINHO *et al.*, 2020; UNESCO, 2021).

Com esse direcionamento, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia (DCN - CNE/CES Resolução Nº 02, 24/04/2019) recomendam a modernização dos currículos, principalmente no que diz respeito a compreensão do aluno como agente ativo da sua própria formação acadêmica e o professor como um mediador nesse processo de ensino-aprendizagem. Esse novo engenheiro, segundo o Conselho Nacional de Educação (CNE), deve possuir como perfil de egresso:

[...] generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formulando problemas a partir dessas necessidades e de oportunidades de melhorias para projetar soluções criativas de engenharia, com transversalidade em sua prática, considerando os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e capaz de atuar e adaptar-se às novas demandas da sociedade e do mundo do trabalho com postura isenta de qualquer tipo de discriminação e comprometido com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável (CNE, 2018, p.5).

Vale ressaltar, que a graduação em engenharia passou a ser vista como um processo com foco na formação por competências e não como um corpo de conhecimento distribuído por disciplinas. O documento recomenda ainda o uso de metodologias adequadas à nova realidade global, utilizando tecnologias digitais favoráveis à melhoria do ensino e à formação de profissionais comprometidos com a inovação, digitalização, industrialização, automação e sustentabilidade.

Em concordância com as recomendações estabelecidas pelas DCN, esta pesquisa se justifica com um grande potencial de contribuição à reflexão em torno da formação deste profissional. Ao apresentar as transformações do setor e o perfil de engenheiro exigido, pretende-se identificar currículos e programas de formação de engenheiros considerados exitosos em atender as demandas da Sociedade 5.0, sem perder de vista os desafios enfrentados em formar tais profissionais, por meio de estratégias educacionais mais adequadas para a formação do Engenheiro Inovador.

Compreende-se ainda a importância desta pesquisa na sua relevância para a comunidade acadêmica ao propor uma aproximação mais efetiva entre a teoria (academia), a prática (indústria) e a sociedade, em um contexto de desenvolvimento sustentável.

1.1 Objetivos

Os objetivos da pesquisa foram delimitados a partir da pergunta: como formar engenheiros civis para atender as novas demandas da sociedade sem comprometer as gerações futuras?

1.1.1 *Objetivo geral*

Identificar as principais características a serem incorporadas no modelo de formação do engenheiro civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), considerando o desenvolvimento sustentável e a modernização da indústria, habilitando profissionais para atenderem as demandas atuais da sociedade sem esquecer as gerações futuras.

1.1.2 *Objetivos específicos*

Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Examinar a produção científica para coordenar ações de melhoria para os cursos de Engenharia Civil da POLI/UPE;
- ✓ Especificar modelo de formação nos cursos de Engenharia Civil das melhores universidades;
- ✓ Analisar o modelo de formação adotado no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE a partir dos critérios e indicadores de qualidade identificados com a pesquisa documental e a Revisão Sistemática da Literatura (RSL);
- ✓ Propor ações de melhoria para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE.

1.2 Organização do trabalho

A pesquisa está organizada em capítulos, a saber: o primeiro, intitulado Introdução, objetiva contextualizar a temática, justificando sua relevância.

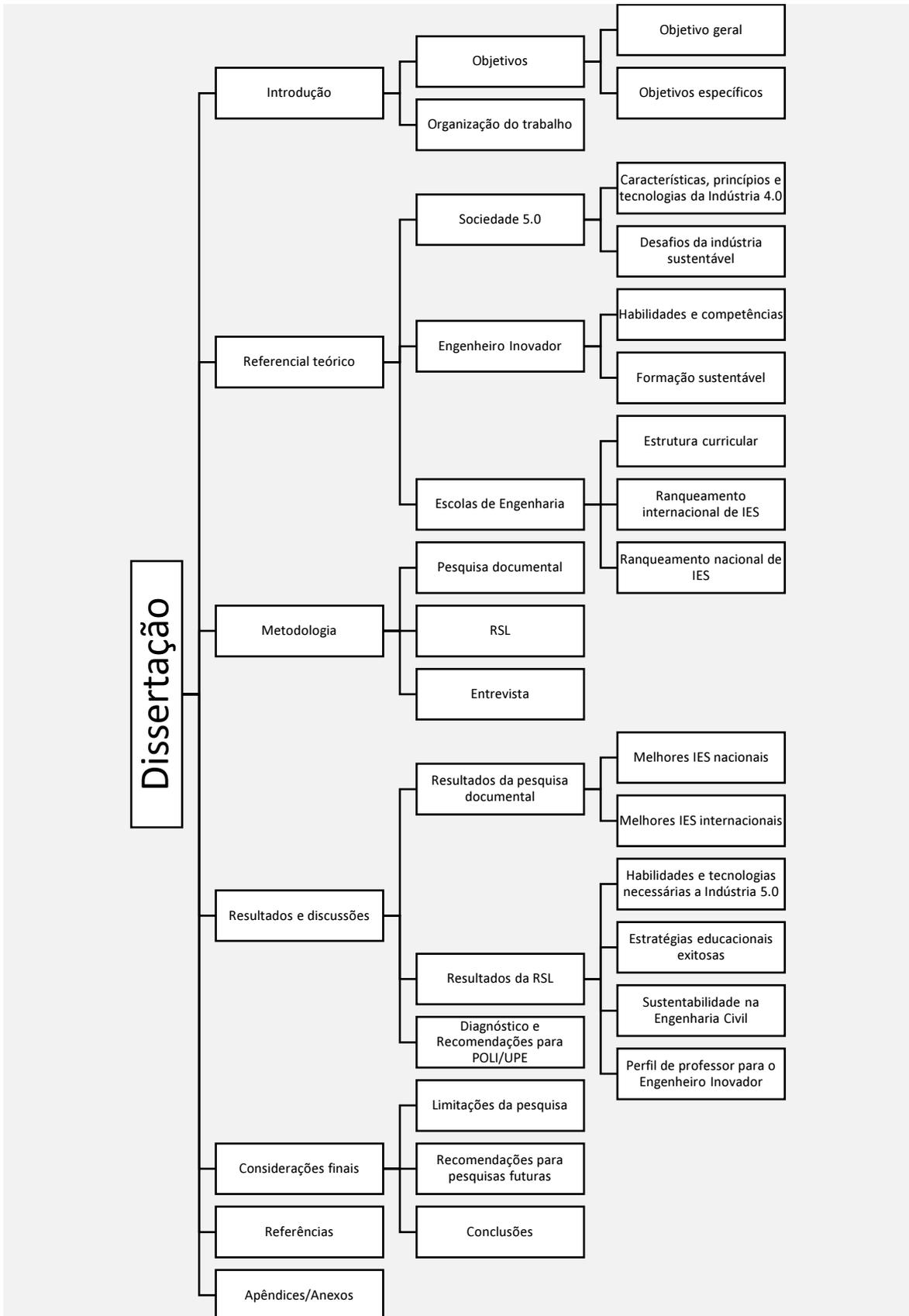
O segundo capítulo, chamado Referencial Teórico, encontra-se dividido em três grandes pilares: Sociedade 5.0, Engenheiro Inovador e Escolas de Engenharia.

O terceiro capítulo, denominado Metodologia, apresenta a proposta metodológica para o desenvolvimento da pesquisa, que consiste em uma pesquisa documental, RSL e entrevistas semiestruturadas.

O quarto capítulo, intitulado Resultados e Discussões, apresenta os relatos e reflexões acerca dos resultados obtidos a partir do estágio atual da literatura.

O quinto capítulo, chamado Considerações Finais, traz as limitações da pesquisa, recomendações para pesquisas futuras e as conclusões. Por fim, encontram-se as referências, apêndices e os anexos.

Figura 1 - Estrutura do trabalho.



Fonte: Autora.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os elementos fundamentais para a compreensão da pesquisa e para auxiliar a posterior análise e discussão dos resultados. A estrutura do referencial teórico encontra-se dividida em três partes: a primeira se propõe a caracterizar o panorama da construção civil no contexto da transição da quarta para a quinta revolução industrial, tendo em vista o objetivo desta pesquisa que é a formação do engenheiro civil capaz de atender as demandas da sociedade sustentável e modernizar a indústria da construção; a segunda parte traz o perfil do Engenheiro Inovador, que seria esse profissional necessário para atender esse novo modelo de sociedade; e por último, a formação que as melhores IES em Engenharia Civil estão adotando para capacitar os seus alunos.

2.1 Sociedade 5.0

Para se falar do profissional habilitado e capaz de modernizar o setor da indústria da construção, nesse contexto de transição da quarta para a quinta revolução, mostra-se necessário apresentar o surgimento dessa indústria, suas características, princípios, tecnologias, benefícios e forma de funcionamento. E devido ao fato da indústria da construção atuar nas ruas, casas, escolas, hospitais, praias, aeroportos, shoppings, entre outros, faz-se indispensável abordar questões sobre sustentabilidade, a fim de que os impactos ambientais, econômicos e sociais ao longo da cadeia produtiva ocorra de forma responsável e equilibrada. Ainda neste capítulo serão apresentados os desafios que o setor da construção enfrenta para acompanhar os avanços tecnológicos decorrentes da Sociedade 5.0, informações que buscam facilitar a posterior compreensão sobre o perfil de engenheiro civil, denominado nessa pesquisa como Engenheiro Inovador, necessário para atender esse novo modelo de sociedade.

Primeiramente, vale inteirar que os livros de história relatam que a primeira revolução industrial ocorreu entre o final do século XVIII e início do século XIX, com a introdução das máquinas a vapor e a utilização do carvão como fonte de combustível. Na segunda revolução industrial, final do século XIX, o destaque ficou por conta da era do capitalismo financeiro, o surgimento da energia elétrica e da produção em escala. A terceira revolução industrial teve início em meados do século XX, com o desenvolvimento da informática, aparecimento da energia nuclear, automação das máquinas e a internet. Já a quarta revolução industrial, iniciou

em meados de 2010, e ficou conhecida como a Indústria 4.0, por conta da digitalização e do mundo virtual (COLLABO, 2016; DELOITTE, 2014; LASI; FETTKE *et al.*, 2014).

O termo Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, com o objetivo de promover avanços nos processos industriais e, atualmente, é uma tendência na construção civil, caminho obrigatório para os que pretendem se firmar no mercado (DE LIMA CAVALCANTE; OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

Segundo Schwab (2019), o que distingue a quarta revolução das anteriores é a velocidade, a amplitude e a interação entre as tecnologias e os domínios físicos, biológicos e digitais. Nesse sentido, Kagerman, Wahlster e Helbig (2013), corroboram ao afirmar que dentro da cadeia como um todo, da indústria da construção, é possível atender oscilações bruscas de forma mais assertiva e transparente, devido a velocidade e amplitude.

O que distingue a Indústria 4.0 da Indústria 5.0 é a valorização do ser humano. A Indústria 5.0 também é conhecida como Sociedade 5.0, que surgiu no Japão, em 2017. A Figura 2 mostra os marcos de cada revolução industrial.

Figura 2 - Marcos da revolução industrial.

1ª Revolução (Século XVIII-XIX)	2ª Revolução (Século XIX-XX)	3ª Revolução (Século XX-XXI)	4ª Revolução (Século XXI)	5ª Revolução (Século XXI)
<ul style="list-style-type: none"> • Utilização do carvão; • Máquina à vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capitalismo; • Energia elétrica; • Produção em escala. 	<ul style="list-style-type: none"> • A partir da década de 1970; • Informática; • Energia nuclear; • Produção automotiva; • Internet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalização; • Indústria conectada; • Fusão do mundo real e virtual • Produção descentralizada • Fábricas inteligentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • As pessoas em primeiro lugar; • Integração entre humanos e Inteligência Artificial (IA); • Sustentabilidade; • Economia circular.

Fonte: Autora a partir de COLLABO (2016) e Queiroz (2019).

A Indústria 5.0 caracteriza-se pela integração entre inteligência artificial e o ser humano, baseada na sustentabilidade, economia circular, inclusão e qualidade de vida (TECHEDGE, 2022). A Figura 3 mostra a diferença entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0.

Figura 3 – Diferença entre as indústrias.

	Indústria 5.0
Indústria 4.0	Foco no cliente
Foco em conectar máquinas	Hiper customização
Customização em massa	Cadeia de suprimentos responsiva
Cadeia de suprimentos inteligente	Produtos interativos
Produtos inteligentes	Mão de obra nas fábricas
Mão de obra distanciada das fábricas	

Fonte: Adaptado de Techedge (2022).

A seguir serão apresentados as características, princípios e tecnologias da Indústria 4.0, a fim de facilitar a compreensão sobre o tipo de preparação os engenheiros civis devem ter para modernizar o setor da indústria da construção, já que a Indústria 5.0 é a evolução da Indústria 4.0.

2.1.1 Características, princípios e tecnologias da Indústria 4.0

Conforme Lasi *et al.* (2014) e Pfohl, Yahsi e Kurnaz (2017), a conectividade, a automação, a descentralização e a digitalização aparecem como as principais características da Indústria 4.0, criando sistemas inteligentes que interagem entre si garantindo autonomia e otimização na cadeia produtiva. A seguir serão apresentados alguns conceitos básicos adotados nesta pesquisa, a fim de contextualizar e embasar os termos a partir da perspectiva do cenário da Engenharia Civil, facilitando assim a compreensão do texto.

Soft skills – são habilidades comportamentais e pessoais, como boa comunicação, liderança, trabalho em equipe, entre outros (WESLEY; JACKSON; LEE, 2017). Habilidades necessárias para o avanço da inovação (LAMNABHI-LAGARRIGUE *et al.*, 2017) e desenvolvimento de atividades que exigem atenção e cuidado (WALLS; STRIMEL, 2017). Habilidades humanísticas também são conhecidas como *soft skills*.

Hard skills – diz respeito as habilidades técnicas adquiridas por meio de uma formação profissional, como os conhecimentos técnicos adquiridos nos cursos de Engenharia Civil (WESLEY; JACKSON; LEE, 2017).

Multidisciplinar – os conteúdos são analisados separadamente, vários profissionais agindo de forma independente.

Transdisciplinar – ações em conjunto, as disciplinas são integradas.

Indústria 4.0 – consiste na combinação da automação e tecnologias que buscam maior produtividade e padronização dos produtos e serviços, começando pela digitalização dos processos (ALMADA-LOBO, 2016). Nessa Indústria 4.0 os processos incluem a manufatura, cadeia de suprimento e gerenciamento do ciclo de vida dos produtos (ALMEIDA, 2017). Uma das premissas da Indústria 4.0 é que todas as informações sejam compartilhadas, possibilitando a tomada de decisão descentralizada e a participação de todos os *stakeholders* em tempo real em um universo virtual (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; SURI *et al.*, 2017). A Indústria 4.0 também é denominada de manufatura avançada.

Indústria 5.0 – mostra-se como a evolução do termo Indústria 4.0, baseada na sustentabilidade e na economia circular, que inclui o ser humano como uma das prioridades (XU *et al.*, 2021).

Sociedade 5.0 – conceito dado a sociedade que coloca o ser humano no centro da inovação, objetivando utilizar tecnologias digitais e habilidades dos indivíduos para favorecer a sustentabilidade, equidade e inclusão (SOTT; DA SILVA BAUM; BENDER, 2022).

Inovação – é o ato ou efeito de inovar a partir do desenvolvimento, transformação ou substituição de uma tecnologia, serviço ou produto, dentro da indústria da construção, isso poderia ocorrer com a adoção de materiais menos poluentes nas construções, sensores vestíveis inteligentes nos canteiros de obras como medida de segurança no trabalho, o uso de Realidade Aumentada (RA) para a visita imersiva em imóveis na planta, entre outros (DARKO *et al.*, 2017; ROQUE; PIERRI, 2018).

Sustentabilidade – também consiste em uma forma de inovação na indústria da construção, pois ao adquirir madeiras certificadas, reduzir o consumo de insumos e contratar mão de obra local, além de promover o desenvolvimento sustentável atende as novas exigências do mercado (COZZOLINO; ROTHÄRMEL, 2018; MOORE *et al.*, 2017).

Digitalização – o *Building Information Modeling* (BIM) se apresenta como um excelente facilitador nesse processo de digitalização na Engenharia Civil, pois além de criar e gerenciar informações em todas as etapas da construção, integra dados multidisciplinares de

forma detalhada e digital com colaboração em tempo real (KLINC; ROBERTO; TURK, 2019; MUÑOZ-LA RIVERA *et al.*, 2021).

Automação – compreende a utilização de máquinas e equipamentos em tarefas mais repetitivas e manuais, otimizando processos, aumentando a produtividade e propiciando uma melhor padronização dos produtos (ALBERTIN *et al.*, 2017; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Industrialização – transforma canteiros de obra em uma espécie de linha de montagem, que surge na fase de projeto com a criação de modelos 3D bem definidos e planejados, utilizando-se, principalmente, de sistemas pré-fabricados prontos para serem montados nos canteiros de obra (DIAMANDIS; KOTLER, 2021; MALAGOLI, 2020).

Cadeia de valor – corresponde ao processamento do produto até o destino final, ou seja, permite que a empresa compreenda o funcionamento e a organização dos seus processos estratégicos e produtivos que agregam valor (QOSE; PERI; PROKO, 2018).

Cadeia de suprimentos – corresponde a todos os elementos necessários para que uma obra seja executada, isto é, a cadeia de suprimentos diz respeito à produção, vendas e distribuição de produtos (RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

Cadeia produtiva – corresponde ao conjunto de atores que integram o processo produtivo, como fornecedores, produtores e distribuidores (RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

A partir desses conceitos gerais serão abordadas as especificidades dessa Indústria 4.0. Suas características foram divididas, nessa pesquisa, como:

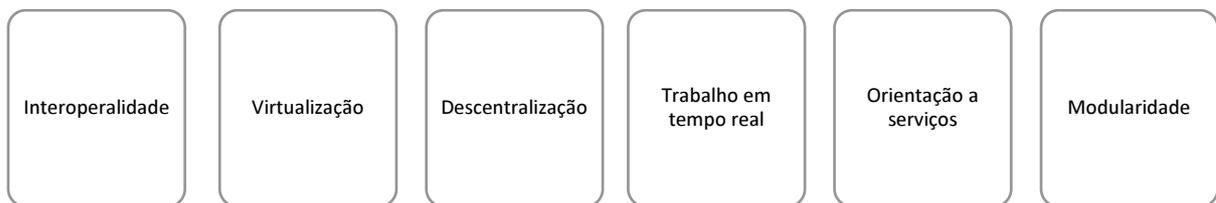
- ✓ Sistemas *ciber-físicos* (integração de computação, redes e processos físicos) – que possibilitam a troca de informações por meio de redes, gerando controle dos processos e comunicação automatizada, de forma instantânea;
- ✓ Internet das coisas (baseado em tecnologia da informação e comunicação) – conecta máquinas, objetos com sensores inteligentes, plataformas e aplicativos, por meio da internet;
- ✓ *Big data* (grandes volumes de dados) – utilizado para coleta, processamento, análise e transmissão de dados por meio da inteligência artificial;
- ✓ Computação em nuvem (processamento, armazenamento e *softwares*) – pode ser acessado de qualquer lugar em tempo real por meio da internet;

- ✓ Inteligência artificial (permite que máquinas desempenhem tarefas por meio de algoritmos que captam dados fornecidos pelos homens) – incluem o *machine learning*, aprendizado de máquinas que usa algoritmos; Processamento de Linguagem Natural – PLN – que ajuda computadores a se comunicar com seres humanos; e *Deep Learning*, aprendizagem profunda sem a supervisão de humanos;
- ✓ Impressão 3D (manufatura aditiva) – vem transformando o comportamento de consumidores e fabricantes, pois envolve a realocação das instalações de produção, mudança nos processos de trabalho, além de minimizar o desperdício e a poluição do ambiente, com a utilização de materiais reciclados e a quantidade suficiente para confecção do produto;
- ✓ Segurança cibernética (proteção dos dados) – proteção contra roubo em *hardware* e *software*.;
- ✓ Sistemas autônomos (máquinas e equipamentos autônomos) – conseguem se comunicar e executar tarefas, como os drones que são exemplos de veículos autônomos;
- ✓ Robô colaborativo (atuam junto as pessoas) – permite que o ser humano fique fora de tarefas difíceis e repetitivas;
- ✓ Realidade aumentada (interação entre o ambiente virtual e o mundo físico) – um exemplo, as etiquetas de QR Code;
- ✓ Simulação (modelo computacional) – a utilização de dados em tempo real tornando possível imitar um processo ou operação do mundo físico; e
- ✓ Realidade virtual (usuário dentro do mundo digital) – por meio de aparatos tecnológicos como visores especiais.

Nas IES de Engenharia Civil abordar essas características da manufatura avançada torna-se essencial, para que a formação dos profissionais da indústria da construção seja eficaz o suficiente para atender as demandas da sociedade, pois sem o conhecimento adequado e atualizado não se pode existir profissionais habilitados e aptos para modernizar o setor da construção nas esferas da digitalização, industrialização, automação e sustentabilidade.

Não menos importante nessa formação dos profissionais de Engenharia Civil seria conhecer os princípios básicos da Indústria 4.0, que consiste em: interoperabilidade (sistemas que trabalham juntos), virtualização (monitoramento remoto), descentralização (decisão conjunta e a distância), capacidade de trabalho em tempo real (sistema integrado com entradas automáticas), orientação a serviço (sistemas que se alinham com os objetivos) e modularidade (que variam com a demanda), conforme mostrado na Figura 4 (BURTET; KLEIN, 2018; DE LIMA CAVALCANTI *et al.*, 2018; HENRIQUE; MIGUEL, 2017).

Figura 4 – Princípios básicos da Indústria 4.0.



Fonte: Autora a partir de Burtet e Klein (2018).

A interoperabilidade diz respeito a capacidade de conexão e comunicação com dispositivos e sistemas ciber-físicos (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015). A virtualização permite a troca de informação em tempo real (DAI; VASARHELYI, 2016). É por meio da virtualização que é possível a cadeia de suprimento fornecer dados sobre produtos (BRETTEL, 2014). Já a descentralização possibilita que máquinas autônomas tomem decisão (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016). Quanto a capacidade de trabalho em tempo real, essa é possibilitada com a utilização da IoT e a computação em nuvem, que tornam possíveis a detecção de falhas em máquinas, por exemplo (LEE; LEE, 2015). No que diz respeito a orientação a serviço essa consiste em um conjunto de tarefas (AL-JAROODI; MOHAMED; JAWHAR, 2018) que funciona de forma integrada que podem ser efetuados por meio de uma rede (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018). E por último, a modularidade que funciona conforme as estações ou características do produto (DAI; VASARHELYI, 2016).

Com base nessas características e princípios dessa nova indústria, e segundo Portugal (2016), mesmo em pequenos projetos de construção, a integração e a digitalização podem reduzir as falhas, aumentar a eficiência e a produtividade de um empreendimento. Lembrando que a indústria da quarta revolução requer “uma infraestrutura tecnológica formada por sistemas físicos e virtuais, com apoio do *big data*, *analytics*, robôs automatizados, simulações, manufatura avançada, realidade aumentada e a internet das coisas” (FIRJAN, 2016, p. 5).

E um dos grandes aliados nessa quarta revolução industrial são as ferramentas tecnológicas, pois oferecem “inteligência” a atividade de produção favorecendo a sustentabilidade por meio da eficiência energética e hídrica, maior conectividade e mitigação de falhas no processo de produção (BAG *et al.*, 2018; BAI *et al.*, 2020; BROZZI *et al.*, 2020; JABBOUR *et al.*, 2018). Recursos como trenas por infravermelho, estações topográficas computacionais, BIM, nível a laser, tablets, maquetes 3D, drones e equipamentos robotizados, vem se destacando dentro da Engenharia Civil (DOS SANTOS SIMÃO *et al.*, 2019).

Em relação as principais tecnologias desenvolvidas para a indústria da construção, aparece o BIM (Modelagem de Informações da Construção), por ser capaz de construir os projetos de forma integrada contemplando todas as etapas de uma obra (IBEC, 2021). Com o BIM, além da modelagem em 3D é possível desenvolver e acompanhar outras atividades de uma construção. Atualmente é conhecido por suas 10 dimensões: protocolo, colaboração, modelagem, cronograma, orçamentação, sustentabilidade, gestão das instalações, segurança, construção enxuta e construção industrializada, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Dimensões do BIM e suas características.

Dimensão	Característica
1D Protocolo	São as leis e regulamentações para o uso adequado do BIM.
2D Colaboração	Escolha das ferramentas tecnológicas para o desenvolvimento dos trabalhos, onde surge as soluções integradas de gerenciamento.
3D Modelagem	Consiste na renderização tridimensional.
4D Cronograma	Envolve o planejamento das etapas, compatibilização e análise dos projetos.
5D Orçamentação	Foco nas questões financeiras como análise do orçamento, especificações e cronogramas de atividades.
6D Sustentabilidade	Avaliação da sustentabilidade, baseado nos pilares do desenvolvimento sustentável.
7D Gestão das instalações	Análise do ciclo de vida do projeto, gestão das instalações e operações na construção.
8D Segurança	Contempla as ações para a saúde e segurança ocupacional.
9D Construção enxuta	Visa a redução do desperdício.
10D Construção industrializada	Integração das tecnologias para o gerenciamento de dados, interligando os setores e beneficiando a produtividade.

Fonte: Autora a partir de IBEC (2021).

O documento do Governo Federal do Brasil, de 2018, Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, espera resultados com a utilização do BIM nas obras de construção: maior produtividade, ganho de qualidade nas obras públicas, aumento da acurácia no planejamento de execução, ganho em sustentabilidade, redução dos prazos de entrega, melhor transparência nos processos licitatórios, redução dos aditivos contratuais, elevação da qualificação profissional e redução de custo no ciclo de vida dos empreendimentos (BRASIL, 2018).

Independentemente do tipo de organização empresarial, a eficiência e a integração da fase de projeto com o restante da cadeia de valor usando o BIM, em modelos tridimensionais completos onde cronogramas e custos são executados de forma simultânea, mudam materialmente os riscos (BANDEIRA, 2019; PARVIAINEN *et al.*, 2017; RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

Nessa perspectiva, o BIM se mostra fundamental na capacitação dos profissionais de engenharia para a indústria da construção, já que seus benefícios são reconhecidos no mundo, e principalmente, por ser uma exigência do Governo Federal do Brasil que vem pressionando as empresas a adotarem essa tecnologia para poder acompanhar o mercado internacional.

Não só o BIM, mas as tecnologias digitais em sua maioria favorecem a colaboração entre os *stakeholders*, mudando a forma como as empresas lidam com as operações, com o projeto e com a construção. Edifícios inteligentes e infraestrutura que integram a IoT aumentam o número de dados e permitem operações mais eficientes (FERNANDES; FLEURY; SILVA, 2019; PARVIAINEN *et al.*, 2017; WARNER; WÄGER, 2018).

As tecnologias de automação podem se tornar ainda mais eficiente, principalmente no que diz respeito a impressão 3D. E as ferramentas de navegação autônoma para máquinas de construção habilitada por detecção e alcance da luz, robótica e tecnologias como drone, são alguns dos principais promotores de crescimento da cadeia de suprimentos (DE GOUVEIA *et al.*, 2021; SUBRAMANIAM *et al.*, 2019; TEECE, 2017).

Também aplicativos móveis de gerenciamento de projetos e torres de controle baseados em nuvem, que integram comunicação entre a equipe no local e a sincronização de sensores, dispositivos vestíveis e máquinas *desktop* para acompanhar o processo, vem sendo utilizados (BERTRAM *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2018). Assim como equipamentos integrado a robótica possibilitarão o aumento da automação que suportará um volume maior de produção,

beneficiado pelo *big data* que vem transformando grandes volumes de dados em valor dentro da indústria da construção (ZENG; GLAISTER, 2018).

E no que diz respeito a sustentabilidade essa nova indústria propicia melhoria de produtividade, menor quantidade de recursos e diminuição do tempo de trabalho (PILLONI, 2018). Isso é reforçado por Valente e Aires (2017), quando defende o processo de produção enxuta (*lean production*) na construção civil, que vem auxiliando o setor a migrar para a Indústria 4.0 devido os conceitos de redução de desperdício e fluxo contínuo, que impactam o setor econômico-financeiro, a gestão de pessoas e o meio ambiente.

O mesmo ocorre com a impressão 3D que possibilita um produto personalizado e um maior controle de qualidade, além de gerar menos desperdício de material, diminuição da quantidade de resíduos e dos recursos utilizados na confecção do produto, favorecendo assim um menor custo (ALBAR *et al.*, 2019; CARNEAU *et al.*, 2020).

Ainda em relação a sustentabilidade, inovações em materiais básicos como cimento, minimizam as pegadas de carbono; e estruturas de aço leves e madeira laminada cruzada permitem uma produção mais simples de módulos em fábrica (RIBEIRINHO *et al.*, 2020; WARNER; WÄGER, 2019). O *big data* também merece destaque, principalmente, por minimizar os impactos ambientais por meio da agilidade na análise dos dados (OZTEMEL; GURSEV, 2020).

Todas essas ferramentas tecnológicas apresentadas nos parágrafos anteriores só reforçam a necessidade de olhar para a formação dos profissionais da engenharia, pois segundo Ribeirinho *et al.* (2020), essas tecnologias combinadas, nos próximos 15 anos, transformarão a Engenharia Civil e criarão grandes oportunidades e riscos devido a mudança dos *pools*¹ de valor e lucro, afetando alguns seguimentos mais do que outros. E com o advento das tecnologias disruptivas é possível criar oportunidades para adotar novas tecnologias, gerando assim valor para as empresas e aumento de produção (COZZOLINO; VERONA; ROTHÄERMEL, 2018).

¹ *Pools* significa grupamento, reunião de empresas.

Em relação aos benefícios dessa nova indústria, destacam-se a redução de custos e dos prazos de entrega, melhor qualidade da obra, manutenção preditiva, menos riscos de acidentes de trabalho e mão de obra mais especializada (DOS SANTOS SIMÃO *et al.*, 2019). Também aparecem como benefícios nessa indústria da construção, a otimização da receita, a sustentabilidade, a integração da cadeia produtiva, maior competitividade e maior produtividade (SENAI, 2018).

Vale ressaltar que a Indústria 5.0 permite maior flexibilização nas fábricas e customização dos módulos, além de possibilitar uma maior integração entre os *stakeholders*; um exemplo, são os transportes que podem ser acompanhados em tempo real, proporcionando a previsão de horário de chegada e a otimização da entrega dos produtos (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017).

A forma de funcionamento dessa indústria da construção, apresentada por Ribeirinho *et al.* (2020), requer uma abordagem baseada no produto, maior especialização a fim de construir uma vantagem competitiva, maior controle da cadeia de valor e integração com a cadeia de suprimentos de nível industrial, foco no cliente, investimento em tecnologias e instalações, investimento em recurso humanos, internacionalização e sustentabilidade.

Pois futuramente, estruturas e serviços serão entregues e comercializados como “produtos” padronizados, feitos em fábricas externas. Essa construção do futuro será mais padronizada, consolidada e integrada, pois com a abordagem baseada em produto, maior a quantidade de padronização e repetibilidade, maior a possibilidade de produzir em escala e consolidar-se no mercado (CBIC, 2016; PORTUGAL, 2016; RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

Dessa forma a modularização, a automação da produção fora do canteiro de obra e a automação da montagem no local permitem a industrialização. E a integração de sistemas de produção automatizados torna a construção mais parecida com a fabricação automotiva (PFOHL; YAHSI; KURNAZ, 2017; WARNER; WÄGER, 2019). Assim como, as ferramentas tecnológicas de informação e comunicação podem criar, armazenar, trocar ou manipular dados em tempo real, permitindo rapidez na tomada de decisão (LAVIKKA *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2015).

Duas coisas precisam ser destacadas: a primeira é que os desenvolvedores estão no topo da cadeia de valor e cabe a eles influenciarem o ritmo das mudanças em outras partes da cadeia (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018; SOUZA *et al.*, 2020); a segunda coisa, é

que o investimento em tecnologias para se adequar à nova realidade industrial não é apenas um diferencial, mas uma questão determinante para as empresas permanecerem no mercado (SIMÃO *et al.*, 2019). Isso tudo só reforça a necessidade de uma formação adequada para que os engenheiros civis possam acompanhar os avanços tecnológicos, e assim contribuir na modernização do setor da construção sem esquecer o desenvolvimento sustentável.

2.1.2 *Desafios enfrentados pela indústria da construção sustentável*

Diante das transformações digitais que vem pressionando as indústrias à rápida e constante adaptação, em um ambiente globalizado, complexo e dinâmico, faz-se necessário desenvolver capacidades que resultem da combinação dos procedimentos de gestão, aprendizado e adaptação dos processos. Isso significa que não basta apenas adotar novas tecnologias, mas também gerir seus resultados (NAMBISAN *et al.*, 2017; SALDANHA; MITHAS; KRISHNAN, 2017; WARNER; WÄGER, 2019).

Acredita-se que a COVID-19 acelerou o processo de transformação da indústria. É provável que as mudanças do mercado da construção sejam afetadas principalmente com a escassez de mão de obra capacitada, regulamentações mais rígidas sobre as questões de sustentabilidade e segurança no local de trabalho, além de um maior nível de exigências dos clientes (COHEN; TRIPSAS, 2018; RIBEIRINHO *et al.*, 2020). E Pereira e De Oliveira Simonetto (2018) acreditam que os grandes desafios da indústria da construção consistem na falta de estrutura das empresas, mão de obra qualificada, custo elevado para a implementação e falta de incentivo governamental, assim como o custo para a capacitação dos profissionais, cultura de inovação e segurança cibernética.

Vale ressaltar que com o advento da quarta revolução o desemprego aumentou devido a substituição do homem pelas máquinas (DOS SANTOS SIMÃO *et al.*, 2019). E que os grandes volumes e propriedade de dados, as diferentes ferramentas e equipamentos e a descentralização na tomada de decisão, apresentam-se também como desafios do setor uma vez que não existe mão de obra qualificada o suficiente para atender o mercado (KHAN *et al.*, 2017; LUTHRA; MANGLA, 2018; ZHOU *et al.*, 2018).

Para Dos Santos Simão *et al.* (2019, p. 5), o grande desafio dessa indústria consiste em criar fábricas “inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis, participando de toda a integração das etapas da cadeia de valor”, desde o desenvolvimento do produto, escolha dos insumos,

produção, *marketing*, venda, distribuição e manutenção. Inclusive a análise da CBIC (2016), já apontava como grande desafio da indústria da construção civil a incorporação de inovações tecnológicas por parte das construtoras.

Segundo Gomma *et al.* (2021), seria necessário a inserção de novas tecnologias utilizadas pela manufatura avançada na matriz curricular dos cursos de graduação e pós-graduação, a fim de melhor qualificar os profissionais para o mercado.

Mantendo o raciocínio, Barreto, Amaral e Pereira (2017), afirmam que uma maior especialização dos profissionais da engenharia são requisitos fundamentais para atender os sistemas produtivos cada vez mais sofisticados tecnologicamente. Assim como, potencializar a importância do comprometimento desses profissionais com o desenvolvimento sustentável.

No que diz respeito as transformações da indústria da construção, Sanchez e Zuntini (2018), afirmam que o mercado global vem passando da fase de industrialização para a fase dos produtos inteligente e conectados, o que exige capacidade de gerenciamento para atender o novo ambiente. Hinings, Gegenhuber e Greenwood (2018) acrescentam, ao dizer que as transformações digitais trazem novos *stakeholders*, valores, estruturas e práticas, que ameaçam ou substituem as regras existentes em uma indústria.

Um outro desafio mediante as transformações do setor da construção, consiste na produtização² e na especialização no setor, onde autores apontam que ter uma marca atraente gera valor, pois estão associados a qualidade do produto e do serviço, prazo de entrega, confiabilidade e garantia (COHEN; TRIPSAS, 2018; RIBEIRINHO *et al.*, 2020). Todas essas evoluções da indústria da construção só aumentam a responsabilidade das IES ao evidenciar a urgência da modernização dos currículos para que haja uma capacitação mais sintonizada com as demandas da sociedade, fugindo da antiga formação generalista.

Vale lembrar que a fabricação de uma aeronave comercial antigamente partia do zero, sob medida e baseada em projeto. A industrialização gerou as linhas de montagem, tornando-se altamente automatizadas. E com a padronização a indústria se consolidou em dois grandes

² Produtização “é tornar um produto, uma ideia ou serviço em um ‘best-seller’ de vendas, ou seja, algo que já foi testado, aprovado pelo mercado” (ADMINISTRADORES, 2019).

segmentos: Airbus e Boeing. Essa jornada levou cerca de 30 anos, e os desafios enfrentados são semelhantes às que a indústria da construção agora enfrenta. Um outro ponto, era que a satisfação dos clientes muitas vezes eram baixas devido aos prazos longos, preço alto e garantia limitada. No entanto, conforme a industrialização avançou as empresas começaram a visar nichos e segmentos específicos, consolidando-se no mercado (DIAMANDIS; KOTLER, 2021; MALAGOLI, 2020).

Os autores Abrell *et al.* (2016) e Teece (2017), avisam que as tecnologias digitais geram oportunidades e “competitividade”, sendo assim a indústria da construção necessita aprender a se adaptar as rupturas para garantir sua sobrevivência no mercado, bem como decidir o que a empresa irá fazer no futuro. Nesse parágrafo a palavra “competitividade” se encontra destacada pelo fato desse termo não combinar com sustentabilidade. Mais adiante será possível compreender que “competitividade” anda na contramão da sustentabilidade quando se pensa e deseja um desenvolvimento sustentável, o ideal seria cooperação.

Quanto aos formuladores de políticas organizacionais, esses precisam compreender a dinâmica dos ambientes digitais e ter uma visão estratégica clara, além de integrar os conhecimentos das tecnologias antigas e novas a fim de conectar as gerações por meio do processo de cooperação (COHEN; TRIPSAS, 2018; DAY; SCHOEMAKER, 2016). Fernandes, Fleury e Da Silva (2019), também alertam que a cultura organizacional pode determinar o sucesso ou o fracasso das empresas nessa quarta revolução industrial, pois a aversão ao risco dificulta o processo de modernização.

Espaços de trabalho interativo que facilita o fluxo de informações, transparência dos dados, agilidade na tomada de decisão, aprendizagem contínua, indicadores de desempenho claros, gestão dos recursos, cadeia de cooperação e demandas alinhadas entre as partes envolvidas, também são desafios da construção civil (FERNANDES; FLEURY; DA SILVA, 2019).

Wolke (2017) diz que os riscos provenientes dessa indústria pode ser administrado por meio de uma boa gestão, transformando ameaças em oportunidades e incertezas do mercado controladas por meio de gerenciamento de riscos.

Além dos desafios apresentados nesse tópico, referente a essa indústria, a sustentabilidade também se apresenta como um grande desafio. Apesar do termo

sustentabilidade ter surgido no mesmo período que a Indústria 4.0, o avanço de ambas ocorre separadamente.

Os autores Liao *et al.* (2017) e Mian *et al.* (2020), corroboram ao dizer que se torna imprescindível e urgente modernizar o setor da construção, justamente porque a demanda por engenheiros civis com educação em sustentabilidade, competência digital e habilidades para a Indústria 5.0, não tem sido amplamente atendido. Assim como, Li *et al.* (2022) e Silveira, Abreu e Coelho (2020), destacam que a adoção de tecnologias digitais na indústria da construção civil contribui no desempenho da sustentabilidade econômica, social e ambiental, validando a necessidade de modernização da indústria da construção.

Esclarecendo, que o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como um instrumento e a sustentabilidade como uma meta global a ser atingida, conforme representado na Figura 5. Os autores Cruz e Ferrer (2015) mostram que uma sociedade sustentável requer: uma visão de planeta como uma sociedade única, redução da demanda e do consumo de capital natural, extinção da injustificável desigualdade econômica, justiça social, governança que preze o interesse geral das nações e a ciência a serviço de um objetivo comum.

Figura 5 - Representação do desenvolvimento sustentável.



Fonte: Autora a partir de Cruz e Ferrer (2015).

Partindo desses requisitos de sociedade sustentável, citada pelos autores do parágrafo anterior, com essa visão de planeta como uma sociedade única, percebe-se que as questões sobre sustentabilidade abordadas atualmente nos cursos de Engenharia Civil são superficiais. Portanto, caberia uma formação de engenheiros civis mais voltada para o desenvolvimento sustentável, sem ignorar as transformações tecnológicas e as inúmeras intervenções da indústria da construção no meio ambiente.

Venkatraman e Nayak (2015) alertam que um empreendimento bem-sucedido necessita que a sustentabilidade seja contemplada em suas três dimensões, pois satisfazer apenas uma dimensão pode trazer sucesso no curto prazo, mas dificilmente permanecerá no mercado a longo prazo devido a conexão entre as dimensões.

Hoje a sustentabilidade busca se unir à Indústria 4.0 e essas devem estar vinculadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (LIAO *et al.*, 2017), configurando-se na Sociedade 5.0. Seguindo esse pensamento, os autores Cruz e Ferrer (2015) podem se beneficiar com a utilização dos ODS para atingir a sociedade sustentável citada anteriormente. Pois a utilização dos ODS podem tornar um ecossistema ecologicamente equilibrado, onde os direitos humanos são respeitados, as desigualdades sociais são minimizadas, os direitos culturais são preservados e o controle dos recursos naturais são democratizados (BARRETO, 2011).

Embora a sustentabilidade seja um fator de decisão importante as ações ainda são tímidas no setor da construção. As empresas precisariam considerar o impacto ambiental antes de adquirir os materiais, minimizar os resíduos e maximizar a reciclagem, para que a fabricação se torne mais sustentável, bem como, os ambientes de trabalho precisariam ser mais seguros (FERNANDES; FLEURY; DA SILVA, 2019; GOMES; BARROS, 2018; MIZUTANI *et al.*, 2020).

Os autores Brunell, Dubro e Rokade (2021) apontam que a necessidade de integrar ou abordar questões sobre sustentabilidade nas diversas áreas de estudo, requer que os cursos de engenharia estabeleçam padrões universais para facilitar a incorporação das ações sustentáveis, pois independentemente do tipo de projeto se houver padrões claros e simples facilitará a avaliação dos componentes de sustentabilidade.

Os autores ainda apresentam um projeto desenvolvido por uma turma de mestrado em que os alunos tiveram a oportunidade de fazer pesquisa em campo, entrevistas e participar no desenvolvimento do projeto, sempre comparando com os ODS, seguindo uma sequência de ações: a) Pesquisar e analisar a sustentabilidade; b) Desenvolver o projeto; c) Trabalhar em equipe e desenvolver a liderança; d) Relatório final e apresentação oral. Com esse projeto os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver várias habilidades, inclusive esse projeto pode ser desenvolvido na graduação segundo os autores (BRUNELL; DUBRO; ROKADE, 2021).

Enfim, diante do exposto, para que a modernização do setor da construção avance, mais profissionais capacitados e comprometidos com a sustentabilidade precisariam entrar no mercado.

A seguir será apresentado o perfil do Engenheiro Inovador. Primeiramente, apresenta-se as habilidades e competências que o mercado espera do egresso de Engenharia Civil. Depois se encontra a formação humanizada e sustentável, necessária aos profissionais da construção, que precisam estarem habilitados também tecnologicamente para atender as demandas da sociedade.

2.2 Engenheiro Inovador

A indústria da quarta revolução industrial não visa apenas otimizar sua produção, mas o processo como um todo, transformando em um modelo de negócio digital onde ocorre a integração de tecnologias da informação, prestadores de serviços, diferentes fontes de dados e instituições fabris, promovendo ambientes colaborativos – interconectado, automatizado e sistematizado – dentro da cadeia de valor (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). Essa nova estrutura de indústria requer habilidades e competências novas dos profissionais da Engenharia Civil. Habilidades digitais, espírito empreendedor, aprendizado rápido, comunicação eficaz, inovação, capacidade em trabalhar com equipe multidisciplinar e colaborativa, são algumas das exigências para atuar nesse contexto de Sociedade 5.0 (REJIKUMAR *et al.*, 2019).

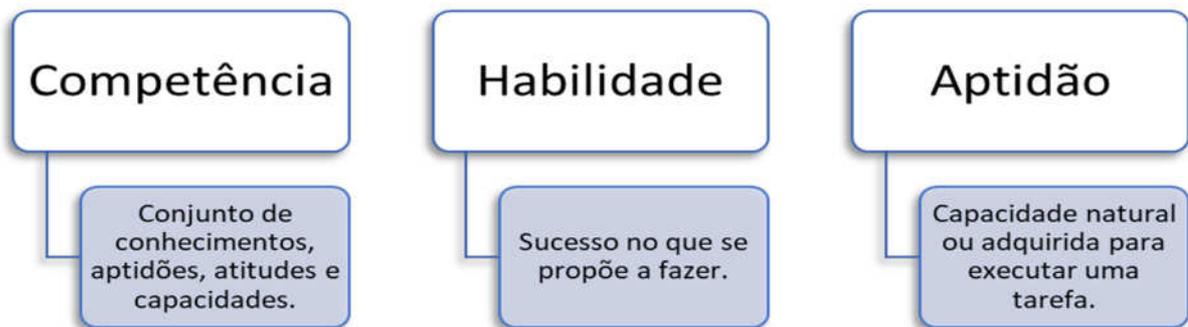
Conforme Da Silveira (2005) atualmente a formação tradicional do engenheiro não o capacita para atender as novas demandas da sociedade, pois o século XXI requer um conhecimento voltado para a inovação. Novas tecnologias deram origem a novas ferramentas assim como mudaram drasticamente os processos de trabalho, por exemplo, a pesquisa operacional, a informática, as biotecnologias e as telecomunicações. Assim, como novas questões passaram a interferir diretamente na atuação dos engenheiros como é o caso dos impactos ambientais ou sociais das atividades produtivas, mudando os problemas e criando novos postos de trabalho.

A seguir serão apresentados as habilidades e competências que o Engenheiro Inovador deve ter para atender as demandas atuais da sociedade, bem como o perfil de egresso exigido pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia.

2.2.1 Habilidades e competências do Engenheiro Inovador

Antes, faz-se necessário esclarecer que competência é o conjunto de conhecimentos, aptidões, atitudes e capacidades que habilitam para a discussão e a decisão dentro de uma tarefa ou ação; ou seja, é a capacidade de articular os saberes, habilidades e atitudes para resolver problemas, de forma fundamentada e consciente, dentro do contexto. A habilidade diz respeito a ter sucesso no que se propõe a fazer, enquanto aptidão é a capacidade natural ou adquirida para executar uma tarefa (DA SILVEIRA, 2005). A Figura 6 apresenta a diferença entre competência, habilidade e aptidão.

Figura 6 – Síntese de competência, habilidade e aptidão.



Fonte: Autora a partir Da Silveira (2005).

Os termos competência e habilidade, nessa quarta revolução industrial, têm se tornado cada vez mais populares e presentes nos debates sobre formação acadêmica. E no que diz respeito a formação em Engenharia Civil, foco desta pesquisa, identificar as competências e habilidades que o Engenheiro Inovador precisa desenvolver e ter para atender as solicitações da sociedade se torna primordial para que ocorra a modernização da indústria da construção.

A partir desses termos e para o desenvolvimento desse tópico, apresentam-se as orientações do Conselho Nacional de Educação (CNE) sobre o egresso em engenharia que diz ser preciso, além de uma formação técnica sólida, uma formação humanista e empreendedora. Alguém que apresente uma boa interação com as pessoas e a capacidade de atingir resultados técnicos e economicamente viáveis. Um profissional capaz de modelar fenômenos e sistemas utilizando ferramentas matemáticas, computacionais e de simulação. Capaz de propor soluções criativas e aplicar conceitos de gestão. Bem como, “implantar soluções de engenharia considerando os aspectos técnicos, sociais, legais, econômicos e ambientais” (CNE, 2018, p. 15).

Além de desenvolver os *hard skills* (conhecimento técnico adquirido por meio de ferramentas e *softwares*), as instruções do CNE (2018) apresentam habilidades fundamentais desejáveis para os profissionais da Engenharia Civil, conforme descrito a seguir.

- ✓ Pensamento analítico e visão estratégica (capacidade de interpretar dados e utilizar da melhor forma possível com o auxílio de ferramentas matemáticas, tecnológicas etc.);
- ✓ Projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- ✓ Trabalhar com equipes multidisciplinares, respeitando, inclusive, as diferenças socioculturais;
- ✓ Capacidade de propor soluções contextualizadas que levem em consideração o ambiente e o usuário;
- ✓ Curiosidade, criatividade e inovação (capacidade de sempre inovar, de aprender e refazer, de buscar a melhor maneira de executar uma tarefa);
- ✓ Comunicar-se de forma eficiente na escrita, oral e gráfica;
- ✓ Inteligência emocional (saber identificar, entender e lidar com diferentes emoções);
- ✓ Interpretar e aplicar com ética a legislação e as normas no exercício da profissão;
- ✓ Comunicativo e aberto ao compartilhamento de informações (atuar de forma colaborativa e proativa);
- ✓ Amplo conhecimento em engenharia;
- ✓ Capaz de aceitar incertezas;
- ✓ Capaz de assumir o controle das suas atividades e dos próprios erros, perante contextos complexos;
- ✓ Comprometido, determinado, flexível e resiliente;
- ✓ Espírito de liderança;
- ✓ Raciocínio lógico;
- ✓ Responsável, apaixonado pelo que faz e visionário (CNE, 2018).

Além de todas essas *soft skills* (habilidades comportamentais), o Engenheiro Inovador tem que ser capaz de atender os ODS nessa Sociedade 5.0. Fazer da sustentabilidade um princípio para que suas ações favoreçam o desenvolvimento sustentável. O setor da construção precisa criar uma cultura de aprendizado constante, um ambiente que estimule a inovação e adotar estratégias de retenção de talentos (CELERE, 2019; CNE, 2018; FERGUSON *et al.*, 2017; RIVEIRA *et al.*, 2020).

O artigo 3º da resolução nº 2, de 24 de abril de 2019, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, determina que o perfil esperado de egresso compreendam as seguintes características:

- ✓ Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;
- ✓ Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
- ✓ Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de engenharia;
- ✓ Adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;
- ✓ Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;
- ✓ Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável (CNE, 2019, p. 1).

Com base nesse perfil esperado de egresso determinado pelas DCN e comparando com a formação contemporânea dos engenheiros civis, que insistem em perpetuar o ensino por meio do mundo das palavras e abstrações, onde o professor é o agente ativo no processo de ensino-aprendizagem ao invés do aluno, fica evidente a necessidade de adequação das escolas de engenharia para atender as necessidades da sociedade.

2.2.2 *Formação humanizada e humanística*

As habilidades e competências que o Engenheiro Inovador deve ter dependem muito das relações pessoais e interpessoais do mesmo (CRAWLEY *et al.*, 2014). Essas habilidades e competências podem ser enriquecidas no processo de formação, a partir do momento de acolhimento e nivelamento dos alunos ingressos para evitar a evasão, previsto nas DCN de 2019. Partindo dessa perspectiva e pensando no perfil do Engenheiro Inovador, apresentado anteriormente e recomendado pela CNE (2018), o exercício da comunicação e interação pessoal dentro da comunidade acadêmica merece atenção especial para que relações tóxicas

não sejam reproduzidas no universo profissional, dificultando o desenvolvimento de várias habilidades como comunicação e exigindo cada vez mais inteligência emocional dos alunos.

Um outro aspecto importante sobre a formação do Engenheiro Inovador diz respeito as responsabilidades e aos impactos que as intervenções desses profissionais provocam no ambiente. Nesse sentido, Gomes (2021) diz que uma educação humanizada propicia uma evolução consciente do seu processo de aprendizagem, em que a formação técnica e cidadã crescem juntas por meio da consciência de seus direitos e deveres perante suas ações no exercício da profissão. E que a formação humanística defendida por De Mello e Andreatta-da-Costa (2021), pode levar o engenheiro civil a refletir sobre os impactos do ponto de vista da sustentabilidade.

Uma das formas de fortalecer essas questões humanísticas no ensino-aprendizado trata-se da inserção do tema sustentabilidade em diversas disciplinas, contextualizando os seus múltiplos conceitos nos projetos de engenharia, visitas técnicas, estudos de caso e outros (SILVA; SILVA; KOHLMAN RABBANI, 2017). Assim, como montar o curso com base nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

E a integração das atividades de pesquisa, ensino e extensão, formam vínculos entre os acadêmicos e a sociedade, aumentando a possibilidade de uma melhor formação técnica-cidadã e do compromisso com a sustentabilidade. Essa suposição pode ser validada a partir da pesquisa desenvolvida por Love *et al.* (2021) sobre as práticas pedagógicas de alto impacto, em que três cursos de um programa de graduação dos Estados Unidos da América (EUA) foram comparados. Um dos cursos envolveu atividades de ensino, pesquisa e extensão, além do intercâmbio entre a Universidade Estadual do Colorado e a Universidade Earth da Costa Rica.

Segundo os autores o curso que utilizou diferentes atividades, como aprendizagem baseada em projetos e aprendizagem colaborativa, e que precisou interagir com uma comunidade no país da Costa Rica, obteve maior desempenho nos resultados e desenvolveu uma melhor rede de comunicação, apoio social e aprendizagem, resultando em uma troca rica de saberes entre os alunos e com a comunidade. Os dois cursos que utilizaram menos aprendizagem colaborativa e atividades reflexivas (diário de registro individual) apresentaram uma proporção bem mais baixa de laços afetivos, reciprocidade e cooperação entre os participantes dos cursos. Importante destacar que o planejamento cuidadoso do curso e da estrutura intencional de interação dos alunos, exigiu tempo e esforços de todos os envolvidos,

mas o resultado foi uma medida inovadora na formação de relações de aprendizagens entre os alunos (LOVE *et al.*, 2021).

Segundo Valdes-Vasquez *et al.* (2018) este programa de estudo no exterior dessas duas universidades, teve como finalidade a prática de construção sustentável objetivando a preparação dos alunos para os desafios globais sobre o desenvolvimento sustentável. Palestras, visita de campo, apresentações dos alunos, bem como as atividades individuais e em grupo, formaram as múltiplas práticas de aprendizagem que resultaram no desenvolvimento de habilidades críticas, como as necessárias para se comunicar com culturas tão diferentes em um contexto internacional.

Enfim, de acordo com Bazzo (2016), quanto maior a interação entre os diferentes grupos sociais maior a possibilidade de se obter uma formação mais humanística e sustentável, pois o desenvolvimento humano no exercício da profissão se torna fundamental na construção de um mundo mais inclusivo. Espera-se que os aspectos humanos e sociais necessários para o convívio em sociedade, levem o egresso a apropriar-se não só das habilidades e competências técnicas, mas também de valores como empatia, respeito, solidariedade, senso de justiça, ética, honestidade etc.

A seguir são mostradas as escolas de Engenharia Civil e seus desafios. Três tópicos foram destacados: estrutura curricular dos cursos de Engenharia Civil e melhores instituições de ensino superior do mundo e do Brasil.

2.3 Escolas de Engenharia Civil

A literatura consultada aponta como desafio das escolas de Engenharia Civil, a conscientização dos engenheiros das suas responsabilidades perante as transformações e interações no meio ambiente, essenciais para alcançar a sustentabilidade. Sendo assim, a análise crítica dos modelos atuais de formação é fundamental para que se tenham egressos habilitados para atender a sociedade e comprometidos com o desenvolvimento sustentável. Identificar os desafios enfrentados pelas escolas de Engenharia Civil e reconhecer as estratégias educacionais mais adequadas para a formação dos engenheiros civis, podem contribuir com a modernização do ensino.

O modelo de ensino demasiadamente cartesiano, a capacitação de professores, a revisão de matrizes curriculares e os programas dos respectivos componentes disciplinares, devem ser

revistos para que temáticas como ambiental e social apareçam de forma efetiva. É importante promover questionamentos que levem o estudante a uma construção de uma visão crítica de seu papel na sociedade como futuro profissional atuante no mercado de trabalho (CASAGRANDE JR, 2004).

O papel do professor, antes de qualquer coisa, é promover a aprendizagem por parte do discente. Segundo Allain, Gruber e Wollinger (2019), o desenvolvimento ou processo de aprendizagem do aluno ocorre a longo prazo, e mesmo concluído um curso de formação profissional os saberes ou as competências visadas desenvolvem-se efetivamente após a imersão na profissão. Vale lembrar que as técnicas se transformam, as relações sociais, as formas de acesso a saberes, assim como o ser humano; e a formação profissional precisa ser pensada como um processo não acabado e aberto a novas experiências (ALLAIN; GRUBER; WOLLINGER, 2019).

Seguindo o raciocínio, apresentam-se a seguir os princípios da educação profissional e tecnológica, da resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021.

- ✓ Respeito ao pluralismo de ideias;
- ✓ Respeito aos valores estéticos, políticos e éticos da educação, no processo de formação profissional e cidadã;
- ✓ Estímulo a pesquisa integrando saberes cognitivos e socioemocionais;
- ✓ Indissociabilidade entre educação e prática social, onde os sujeitos e as metodologias ativas e inovadoras são centradas no aluno;
- ✓ Interdisciplinaridade assegurada pelo currículo e na prática pedagógica;
- ✓ Estratégias educacionais que favorecem a contextualização, flexibilização e a interdisciplinaridade;
- ✓ Conexão com o desenvolvimento socioeconômico;
- ✓ Atenção com as necessidades das pessoas com deficiência e das pessoas em regime de internação ou em privação de liberdade;
- ✓ Reconhecimento das identidades de gênero e étnico-raciais, como os indígenas, quilombolas e imigrantes;
- ✓ Reconhecimento dos diversos processos de trabalho;

- ✓ Egressos com competências profissionais requeridas pelo desenvolvimento tecnológico e pelas demandas ambientais, econômicas e sociais;
- ✓ Fortalecimento das estratégias de colaboração que contribuem com a empregabilidade; e
- ✓ Inovação tecnológica, social e de processos (BRASIL, 2021).

Diante do exposto, torna-se imprescindível uma formação mais alinhada com os princípios da educação profissional e tecnológica apontadas no parágrafo anterior e com a evolução das relações profissionais e interpessoais do século XXI.

Nesse contexto, merece atenção as metodologias ativas como uma ferramenta fundamental nesse processo de modernização do ensino, pois como o objetivo é tornar o aluno protagonista na construção do próprio conhecimento, esse tipo de aprendizagem além fortalecer o desenvolvimento de diversas habilidades também contribui na transversalidade das disciplinas e na formação técnica-cidadã.

Um outro desafio para as IES, segundo Maranhão e Veras (2017), consiste em oferecer um ensino noturno que não seja fragmentado e incompleto, principalmente no que diz respeito a pesquisa e extensão, já que a maioria dos alunos que estudam a noite trabalham durante o dia. Um outro fator agravante consiste na proibição dos alunos com vínculo empregatício de participar dos programas de iniciação científica e a falta de uma assistência estudantil mais eficaz (MARANHÃO; VERAS, 2017).

Importante também observar as formas de avaliação adotadas pelas IES que precisam ser contínuas, buscando-se uma avaliação diagnóstica, somativa e formativa, própria de um processo de ensino-aprendizagem condizente com as metodologias ativas (DE OLIVEIRA; MOTA; DE SOUSA, 2022).

Uma outra questão importantíssima nessa formação de excelência consiste no desenvolvimento voltado para pesquisa científica, como uma forma de estimular a carreira, melhorar a qualidade dos trabalhos e a ética nesse universo. Os autores Cameron *et al.* (2020), afirmam que ler artigos científicos, comunicar-se com outros cientistas, contribui no desenvolvimento de habilidades e aumenta a confiança do pensamento científico.

Smyrnova-Trybulska, Morze e Kuzminska (2019) e Trubavina *et al.* (2021), apontam que a comunicação científica na formação educacional, além de garantir o desenvolvimento

de competências digitais permite encontrar dados científicos de forma mais eficiente, pois as más práticas de comunicação dificultam o melhor aproveitamento das ferramentas de buscas, por exemplo. Vlasenko *et al.* (2021), vem corroborar com esse pensamento ao dizer que a formação dos alunos de engenharia poderia melhorar com a comunicação científica sendo parte integrante da formação dos engenheiros. Os autores também mostram que a falta de incentivo financeiro e, principalmente, a má informação dos mecanismos de participação em bolsas é uma forte barreira no sistema de apoio à ciência e a inovação (VLASENKO *et al.*, 2021). Enfim, todas essas questões só fortalecem a relevância desta pesquisa.

2.3.1 *Estrutura curricular dos cursos de Engenharia Civil*

Para que se tenham egressos de Engenharia Civil habilitados para atender as necessidades da sociedade, o primeiro passo seria a modernização dos currículos segundo a literatura pesquisada. Da Silveira (2005) reforça isso ao dizer que entre o currículo planejado e o currículo real existem distâncias. E que um currículo planejado é desenvolvido a partir dos objetivos do curso, dos resultados obtidos, dos indicadores de desempenho, das estratégias e ações, dos métodos e métricas de medida de desempenho, da avaliação das medidas e realimentação para o desenvolvimento e correção das estratégias (DA SILVEIRA, 2005). A autora Miranda Costa (2020, p. 72), diz que:

A universidade se tornou um espaço de produção e disseminação de conhecimento científico. Essa forma de entender a universidade está historicamente consolidada e, portanto, atribui ao professor o papel de pesquisador de tal forma que quem entra neste contexto estará sob pressão para contribuir para a produção e divulgação do novo conhecimento produzido dentro dos muros institucionais.

Seguindo o raciocínio, Salvá e Nascimento (2017) afirmam que os ranques das universidades geram pressão e essa pressão desvia a atenção dos professores universitários no exercício do ensino, em que a produção científica passou a ser o foco devido os indicadores externos de avaliação.

Conforme as DCN das engenharias, o currículo deve ser flexível e centrado no aluno, deve haver uma matriz de competências, aprendizado aplicado e contextualizado, bem como a inserção de projetos socialmente relevantes. Ainda segundo as DCN, os Projetos Pedagógicos de Cursos (PPC), devem prever sistemas de acolhimento e nivelamento a fim de minimizar a

evasão dos cursos e as avaliações dos estudantes devem ser feitas de forma a reforçar o aprendizado e o desenvolvimento das competências.

Também nas DCN de graduação em engenharia, especifica-se atividades de curso como: atividades de laboratório, atividades articuladas (teoria-prática-contexto), trabalhos individuais e em grupo, atividades integradoras e interdisciplinares, plano de atividades com competências definidas, uso de metodologias ativas, atividades de síntese e integração dos conhecimentos, atividades acadêmicas (iniciação científica, extensionista, voluntariado, projetos interdisciplinares e transdisciplinares, monitorias etc.) atividades que aproximem o estudante do espaço profissional, fóruns, acompanhamento do egresso e atividades de ensino-pesquisa-extensão. Todas essas orientações das DCN só reforçam a necessidade de mudança dentro das IES, para que os discentes possam ter uma formação adequada e compatível com a Sociedade 5.0.

Conforme Addor (2020), a extensão tecnológica precisa ser um exercício livre, interdisciplinar e dialógico, integrado ao ensino e à pesquisa, cujo objetivo consiste em contribuir na formação dos alunos e inovação dos setores econômicos, resultando em desenvolvimento de ferramentas, produtos, tecnologias e processos que possam atender um contexto social específico.

Nesse sentido, o Programa de Extensão Tecnológica (PET), do Governo de Pernambuco, em parceria com IES, Escolas Técnicas Estaduais de Educação, Escolas de Referência de Ensino Médio e empresas, apresenta-se como uma excelente iniciativa de qualificação profissional para atender essa Sociedade 5.0. Segundo Kohlman Rabbani *et al.* (2022), o objetivo é formar pessoas para solucionar problemas de forma inovadora com a utilização de tecnologias habilitadoras de futuro. O PET é um subprograma do Forma.AI, que busca aumentar o número de profissionais qualificados e sua permanência no estado, garantindo a sustentabilidade das diversas cadeias produtivas da região (CNI, 2021; FREIRE; BASTOS FILHO; KOHLMAN RABBANI, 2022).

Ainda, as tecnologias incorporadas ao programa Forma.AI trazem: internet das coisas, inteligência artificial, robótica e automação, ciência de dados e *analytics*, sensores inteligentes, computação em nuvem, manutenção preditiva, realidade aumentada e virtual, energias renováveis, gêmeos digitais, manufatura aditiva, redes 5G e redes ópticas, confirmando a importância do programa PET como aliado nessa formação de engenheiros civis para a modernização do setor da construção.

Por fim, não se pode deixar de mencionar a necessidade de uma educação para o desenvolvimento sustentável dentro do ensino da Engenharia Civil, pois a sociedade atual precisa adquirir conhecimentos e competências que os direcionem para um futuro com mais equidade, inclusão e responsabilidade ambiental (MARTIN-GARIN *et al.*, 2021). Os autores também defendem que todos os projetos desenvolvidos pelas universidades estejam alinhados com os ODS do Programa das Nações Unidas.

A seguir serão apresentadas as melhores IES do mundo e em seguida as melhores IES do Brasil, segundo o ranqueamento de universidades dos últimos anos. O objetivo de apresentar esse ranque, além de conhecer as melhores IES, segundo essas empresas, consiste em saber que critérios são avaliados e como a Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) também pode ocupar esses lugares de destaque.

2.3.2 *Ranqueamento internacional de instituições de ensino superior*

Para responder ao objetivo específico desta pesquisa, identificar o diferencial das melhores IES, tornou-se necessário conhecer quais as melhores escolas de engenharia do mundo segundo o ranqueamento de universidades. Três instituições de pesquisa foram selecionadas por serem conceituados portfólios globais de ranqueamento de universidades, a saber: *QS Quacquarelli Symonds*, *Times Higher Education World University Rankings* e *Academic Ranking of World Universities*.

Antes de mostrar cada ranqueamento foi posto uma breve apresentação das instituições e a metodologia utilizada no seu processo de classificação. O intuito de descrever a metodologia usada se justifica pelo fato de conhecer os critérios, que podem contribuir na identificação dos requisitos básicos que as melhores IES, segundo esses ranqueamentos, possuem e as colocam em patamares de excelência enquanto universidades.

a) *QS Quacquarelli Symonds*

A primeira a ser apresentada é a *QS Quacquarelli Symonds* que é líder mundial em serviços, análises e *insights* para o setor global de ensino superior. Sua missão é fornecer informações que possam ser úteis para pessoas que desejem evoluir por meio da educação, mobilidade internacional e desenvolvimento de carreira. Seu *site* principal, *Top Universities* – espaço para os seus *rankings* – foi visualizado 149 milhões de vezes em 2019, e mais 95.000

citações publicados pelos meios de comunicação em todo o mundo no mesmo ano (TOP UNIVERSITIES, 2022).

O *QS World Universities Rankings*, é uma empresa britânica, que divulga anualmente a classificação das melhores universidades do planeta. A metodologia utilizada para análise de desempenho das IES se baseia em seis métricas que juntas compõem a nota. As diretrizes incluem a reputação acadêmica, reputação do empregador, proporção corpo docente/estudante, proporção de citações por corpo docente, proporção internacional do corpo docente e proporção de estudantes internacionais. E a pontuação de cada universidade é obtida por meio de pesquisas feitas a professores, alunos, especialistas e empregadores, e cada diretriz corresponde a uma porcentagem dessa nota final, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Composição da nota do ranque da QS.

Métrica	Nota
Reputação acadêmica	40%
Reputação do empregador	10%
Proporção corpo docente/estudante	20%
Citações por corpo docente	20%
Proporção internacional do corpo docente	5%
Proporção de estudantes internacionais	5%

Fonte: Autora a partir do *site QS Top Universities (2022)*.

O *ranking* de 2022 traz 1.300 (mil e trezentas) instituições de todos os continentes. Em primeiro lugar ficou o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, dos Estados Unidos da América, com pontuação máxima, de 100 pontos. Na sequência vem a Universidade de Oxford, Universidade de Stanford, Universidade de Cambridge, Universidade de Harvard, Instituto de Tecnologia da Califórnia, Colégio Imperial de Londres, Instituto Federal de Tecnologia de Zurique, Colégio Universitário de Londres e Universidade de Chicago. A Tabela 2 apresenta as IES em ordem de classificação e suas respectivas notas.

Tabela 2 - Ranque mundial das IES de 2022.

	Universidade	D1*	D2*	D3*	D4*	D5*	D6*	Nota
1	Instituto de Tecnologia de Massachusetts	91,4	100	100	100	100	100	100
2	Universidade de Oxford	98,5	99,5	100	96	100	100	99,5
3	Universidade de Stanford	67	99,8	100	99,9	100	100	98,7
4	Universidade de Cambridge	97,7	100	100	92,1	100	100	98,7
5	Universidade de Harvard	70,1	84,2	99,1	100	100	100	98
6	Instituto de Tecnologia da Califórnia	87,7	99,4	100	100	96,7	89,9	97,4
7	Colégio Imperial de Londres	100	100	99,8	88,1	98,4	99,8	97,3
8	Instituto Federal de Tecnologia de Zurique	98,2	100	80,4	99,8	98,7	95,3	95,4
9	Colégio Universitário de Londres	100	99,5	99	78	99,4	98,9	95,4
10	Universidade de Chicago	84,9	71,9	95,5	90,6	99,2	93,5	94,5

***Diretrizes:**

D1-Proporção de estudantes internacionais (5%);

D2-Proporção Internacional do corpo docente (5%);

D3-Proporção corpo docente/estudante (20%);

D4-Citações por corpo docente (20%);

D5-Reputação acadêmica (40%); e

D6-Reputação empregador (10%).

Fonte: Autora a partir do *site QS Top Universities* (2022).

As diretrizes adotadas pela instituição para a composição da nota, já apontam um caminho para IES que almejam um melhor posicionamento nesses ranques mundiais. O que chama a atenção é a diretriz Reputação Acadêmica, que corresponde a 40% da nota final.

Tratando-se da sustentabilidade, a *QS World Universities Rankings* decidiu introduzir mais uma forma de avaliar as universidades. O ponto de partida foram os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. As IES premiadas recebem classificação Ouro, Prata, Bronze ou Candidato, e essa certificação tem como foco a produção de pesquisas que contemplem a sustentabilidade. Os detalhes das metodologias adotadas pela instituição podem ser acessados no próprio *site* da instituição.

Vale ressaltar que as dez primeiras instituições colocadas, 5 são dos EUA, 4 do Reino Unido e 1 da Suíça. O Quadro 2 mostra as universidades, suas cidades e suas respectivas certificações, do ano de 2022.

Quadro 2 - Ranque mundial das IES de 2022.

Universidade	Cidade/País	Impacto ambiental	Impacto social
1 Instituto de Tec. de Massachusetts	Cambridge, EUA	ouro	prata
2 Universidade de Oxford	Oxford, Reino Unido	ouro	ouro
3 Universidade de Stanford	Stanford, EUA	ouro	ouro
4 Universidade de Cambridge	Cambridge, Reino Unido	ouro	ouro
5 Universidade de Harvard	Cambridge, EUA	ouro	ouro
6 Instituto de Tec. da Califórnia	Pasadena, EUA	ouro	s/c*
7 Colégio Imperial de Londres	Londres, Reino Unido	ouro	ouro
8 Instituto Fed. de Tec. de Zurique	Zurique, Suíça	ouro	prata
9 Colégio Universitário de Londres	Londres, Reino Unido	ouro	ouro
10 Universidade de Chicago	Chicago, EUA	ouro	ouro
...
121 Universidade de São Paulo	São Paulo, Brasil	ouro	prata
#801-1000 Universidade Fed. de Pernambuco	Pernambuco, Brasil	bronze	s/c*

*s/c – sem classificação

Fonte: Autora a partir do site *QS Top Universities* (2022).

O ranqueamento 2023, da *QS Top Universities*, foi divulgado em 08 de junho de 2022. Poucas foram as alterações em relação aos resultados da última década. No Quadro 3 é possível averiguar o ranqueamento das IES de 2023.

Quadro 3 - Ranque mundial das IES de 2023.

Universidade	Cidade/País	Impacto ambiental	Impacto social
1 Instituto de Tec. de Massachusetts	Cambridge, EUA	ouro	ouro
2 Universidade de Cambridge	Cambridge, Reino Unido	ouro	ouro
3 Universidade de Stanford	Stanford, EUA	ouro	ouro
4 Universidade de Oxford	Oxford, Reino Unido	ouro	ouro
5 Universidade de Harvard	Cambridge, EUA	ouro	ouro
6 Instituto de Tec. da Califórnia	Pasadena, EUA	ouro	candidato
7 Colégio Imperial de Londres	Londres, Reino Unido	ouro	ouro
8 Colégio Universitário de Londres	Londres, Reino Unido	ouro	prata
9 Instituto Fed. de Tec. de Zurique	Zurique, Suíça	ouro	prata
10 Universidade de Chicago	Chicago, EUA	prata	ouro
...
115 Universidade de São Paulo	São Paulo, Brasil	ouro	prata
#1001-1200 Universidade Fed. de Pernambuco	Pernambuco, Brasil	bronze	s/c*

*s/c – Sem classificação

Fonte: Autora a partir do site *QS Top Universities* (2022).

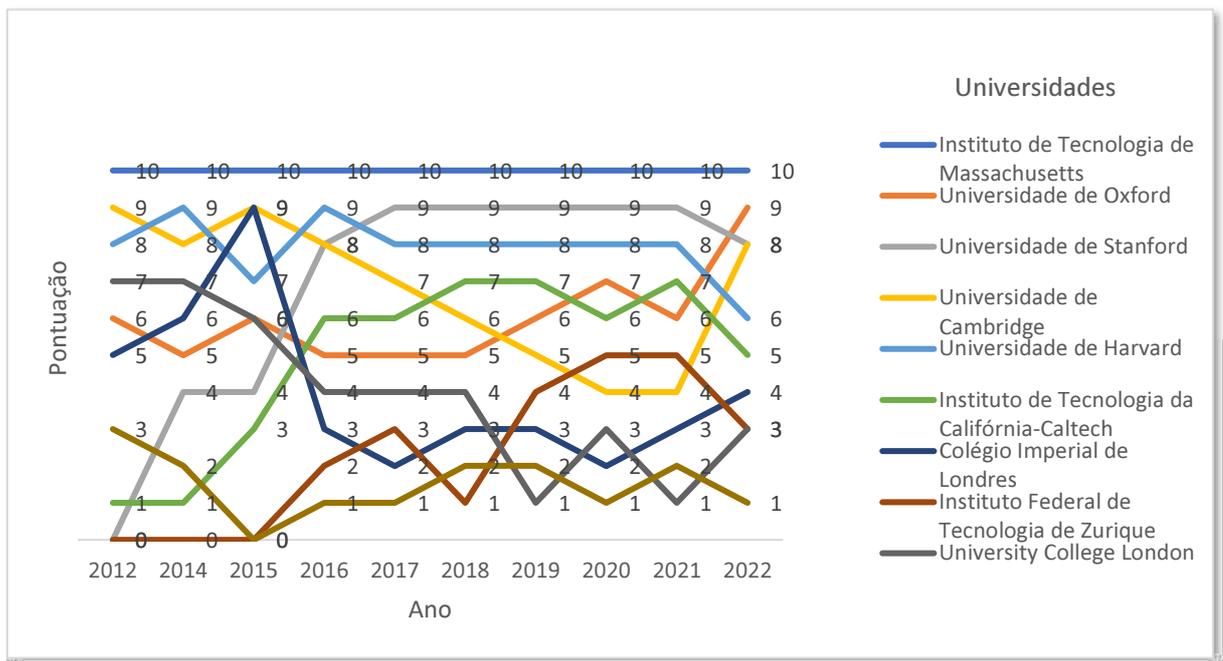
No ranking da *QS Top Universities* não aparece a POLI/UPE e a UFPE aparece no grupo #1001-1200. A melhor universidade brasileira na lista continua sendo a USP na

colocação 115, aparecendo como a 3ª da América Latina, perdendo para a Universidade de Buenos Aires (Argentina), na posição 67, e para a Universidade Nacional Autónoma do México (México), na posição 104.

Com o intuito de apresentar o desempenho dos últimos 10 anos, das dez primeiras IES, foi atribuída uma nota, de 0 a 10, onde quem se classificou depois do décimo lugar, ficou com nota zero. Sendo assim, quem ficou em primeiro lugar obteve a nota 10, o segundo lugar nota 9, o terceiro lugar nota 8, o quarto lugar nota 7, o quinto lugar nota 6, o sexto lugar nota 5, o sétimo lugar nota 4, o oitavo lugar nota 3, o nono lugar nota 2 e o décimo lugar nota 1. Um exemplo de nota zero é a Universidade de Stanford que em 2012 ocupou a 15ª colocação.

O Gráfico 1 apresenta o desempenho de 2012 a 2022 do *ranking* internacional das universidades executado pela QS Top Universities. No ano de 2013 existe uma lacuna de informações no *site*, por isso a ausência de 2013 no gráfico dos últimos dez anos do *ranking* das universidades.

Gráfico 1 - Desempenho de 2012 a 2022 das IES no ranque internacional da QS.



Observação:

- Universidade de Stanford: em 2012 ficou em 15º lugar;
- Instituto Federal de Tecnologia de Zurique: em 2012 ficou 13º, 2014 e 2015 em 12º; e
- Universidade de Chicago: em 2015 ficou em 11º.

Fonte: Autora a partir do *site QS Top Universities* (2022).

A análise mostrou que as dez primeiras colocadas de 2022, vem na última década apenas alternando posições nesse mesmo grupo dos dez primeiros. Com exceção da Universidade de Stanford, o Instituto Federal de Tecnologia de Zurique e a Universidade de Chicago, que chegaram a ocupar até o 15º lugar. O destaque fica por conta do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, que permaneceu na primeira posição a década inteira.

b) Times Higher Education World University Rankings – THE

A segunda instituição de pesquisa é o *THE – Times Higher Education World University Rankings*, também é uma empresa britânica. Em 2022, utilizou mais de 1.600 universidades, de 99 países e territórios. A pesquisa se baseia em 13 indicadores de desempenho das instituições, dividida em quatro áreas: ensino, pesquisa, transferência de conhecimento e perspectivas internacionais. Foram coletados mais de 430.000 dados de 2.100 instituições. A Universidade de Oxford aparece na liderança do *ranking* pela sexta vez consecutiva. Os EUA, com 183 instituições e o melhor representado no top 200 (com 57 instituições). A Universidade de Harvard se destaca no pilar ensino, a Universidade de Oxford no pilar pesquisa, e a Universidade de Ciência e Tecnologia de Macau liderando no pilar internacional. O Quadro 4 apresenta o *ranking* mundial das IES de 2022 segundo a *Times Higher Education*.

Quadro 4 - Ranque mundial THE das IES de 2022.

	Universidade	País
1	Universidade de Oxford	Reino Unido
2	Instituto de Tecnologia da Califórnia	Estados Unidos
3	Universidade de Harvard	Estados Unidos
4	Universidade de Stanford	Estados Unidos
5	Universidade de Cambridge	Reino Unido
6	Instituto de Tecnologia de Massachusetts	Estados Unidos
7	Universidade de Princeton	Estados Unidos
8	Universidade da Califórnia	Estados Unidos
9	Universidade de Yale	Estados Unidos
10	Universidade de Chicago	Estados Unidos
...
201-250	USP	Brasil
1201+	UFPE	Brasil
1201+	UFRPE	Brasil
1201+	UPE	Brasil

Fonte: Autora a partir do *site THE* (2022).

No Quadro 4 também é possível observar que as IES dos 10 primeiros colocados no *ranking THE*, são do Reino Unido e dos EUA. E as três universidades de Pernambuco presentes na lista pertencem ao mesmo grupo, o que reforça a necessidade de melhoria na qualificação dos estudantes, em especial os de Engenharia Civil, foco dessa pesquisa.

c) Academic Ranking of World Universities – ARWU

O terceiro *ranking* acadêmico é da *Shanghai Ranking*, da China, *Academic Ranking of World Universities – ARWU*, considera as universidades que possuem ganhadores do Prêmio Nobel, medalhas Fields, pesquisadores muito citados ou artigos publicados na *Nature* ou *Science*, universidades com quantidade significativa de artigos indexados pelo *Science Citation Index-Expanded* (SCIE) e *Social Science Citation Index* (SSCI). Mais de 2.000 universidades são classificadas, mas apenas as 1.000 melhores são publicadas. A Tabela 3 apresenta os critérios, indicadores e peso de cada item que compõem a nota.

Tabela 3 - Critérios, indicadores e peso, que compõe a nota.

Critério	Indicador	Peso
Qualidade da Educação	Ex-alunos de uma instituição vencedora de Prêmios Nobel e Medalhas Fields	10%
	Funcionários de uma instituição vencedora de Prêmios Nobel e Medalhas Fields	20%
Qualidade da Faculdade	Pesquisadores altamente citados	20%
	Artigos publicados na <i>Nature</i> and <i>Science</i>	20%
Resultado da pesquisa	Artigos indexados no <i>Science Citation Index-Expanded</i> e no <i>Social Science Citation Index</i>	20%
	Desempenho <i>per capita</i>	Desempenho acadêmico <i>per capita</i> de uma instituição

Fonte: Autora a partir do *site ARWU* (2022).

Os critérios de avaliação das três instituições, no geral, levam em conta a qualidade de ensino, número de publicações-citações e projeção internacional (parcerias). Na sequência, o Quadro 5, apresenta um resumo dos institutos de pesquisa, QS, THE e ARWU, com as 10 melhores universidades do mundo, dos anos de 2020, 2021 e 2022.

Quadro 5 - Ranque QS, THE e ARWU, das 10 melhores universidades de 2020 a 2022.

	Ano	Pesquisa / Universidade		
		QS	THE	ARWU*
1	2020	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade de Stanford	Universidade de Harvard
	2021	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade de Oxford	Universidade de Harvard
	2022	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade de Oxford	Universidade de Harvard
2	2020	Universidade de Stanford	Inst. de Tec. da Califórnia	Universidade de Stanford
	2021	Universidade de Stanford	Universidade de Stanford	Universidade de Stanford
	2022	Universidade de Oxford	Inst. de Tec. da Califórnia	Universidade de Stanford
3	2020	Universidade de Harvard	Universidade de Cambridge	Universidade de Cambridge
	2021	Universidade de Harvard	Universidade de Harvard	Universidade de Cambridge
	2022	Universidade de Stanford	Universidade de Harvard	Inst. de Tec. de Massachusetts
4	2020	Universidade de Oxford	Universidade de Stanford	Inst. de Tec. de Massachusetts
	2021	Inst. de Tec. da Califórnia	Inst. de Tec. da Califórnia	Inst. de Tec. de Massachusetts
	2022	Universidade de Cambridge	Universidade de Stanford	Universidade de Cambridge
5	2020	Inst. de Tec. da Califórnia	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade da Califórnia
	2021	Universidade de Oxford	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade da Califórnia
	2022	Universidade de Harvard	Universidade de Cambridge	Universidade da Califórnia
6	2020	Inst. Fed. de Tec. de Zurique	Universidade de Princeton	Universidade de Princeton
	2021	Inst. Fed. de Tec. de Zurique	Universidade de Cambridge	Universidade de Princeton
	2022	Inst. de Tec. da Califórnia	Inst. de Tec. de Massachusetts	Universidade de Princeton
7	2020	Universidade de Cambridge	Universidade de Harvard	Universidade Columbia
	2021	Universidade de Cambridge	Universidade da Califórnia	Universidade de Oxford
	2022	Colégio Imperial de Londres	Universidade de Princeton	Universidade de Oxford
8	2020	University College London	Universidade de Yale	Inst. de Tec. da Califórnia
	2021	Colégio Imperial de Londres	Universidade de Yale	Universidade Columbia
	2022	Inst. Fed. de Tec. de Zurique	Universidade da Califórnia	Universidade Columbia
9	2020	Colégio Imperial de Londres	Universidade de Chicago	Universidade de Oxford
	2021	Universidade de Chicago	Universidade de Princeton	Instituto de Tec. da Califórnia
	2022	University College London	Universidade de Yale	Instituto de Tec. da Califórnia
10	2020	Universidade de Chicago	Colégio Imperial de Londres	Universidade de Chicago
	2021	University College London	Universidade de Chicago	Universidade de Chicago
	2022	Universidade de Chicago	Universidade de Chicago	Universidade de Chicago
*ARWU – O resultado da pesquisa correspondente ao ano de 2022, sairá em agosto deste ano.				

Fonte: Autora a partir dos sites QS (2019), THE (2022) e ARWU (2022).

É possível observar nesse resumo que a maioria das universidades apontadas pelas diferentes pesquisas se repetem, 14 instituições de ensino superior se revezam entre as dez melhores nos últimos três anos.

2.3.3 *Ranqueamento nacional de instituições de ensino superior*

O ranqueamento das universidades brasileiras também foi extraído dos internacionais institutos *Academic Ranking of World Universities*, *QS Quacquarelli Symonds*, *Times Higher Education World University Rankings* e do nacional *Ranque Universitário Folha*. O Quadro 6 apresenta o *ranking* do ano de 2021 das universidades brasileiras de acordo com a *ARWU*. Do Brasil apenas 22 IES aparecem na lista. O destaque fica por conta da USP com o primeiro lugar. O Quadro 6 mostra o posicionamento das IES brasileira nos anos de 2020, 2021 e 2022.

Quadro 6 - Ranqueamento das IES do Brasil de 2020 a 2022, segundo a ARWU.

(continua)

	Pesquisa / Universidade por ano		
	2020	2021	2022
1	USP	USP	USP
2	UNESP	UFRGS	UNICAMP
3	UNICAMP	UNESP	UFMG
4	UFMG	UNICAMP	UFRJ
5	UFRJ	UFMG	UFRGS
6	UFRGS	UFRJ	UNESP
7	UFPR	UnB	UFPR
8	UFSP	UFPR	UFSCar
9	UFSC	UFSC	UFSP
10	UFSCar	UFSP	UFV
11	UFF	UFSCar	UFSC
12	UnB	UFF	UFF
13	UFG	UFPeI	UnB
14	UFPE	UFC	UFC
15	UFRN	UFG	UFPE
16	UFV*	UFPE	UFSP
17	UFPeI*	UFRN	UFPeI
18	UFBA	UFBA	UFBA

(conclusão)

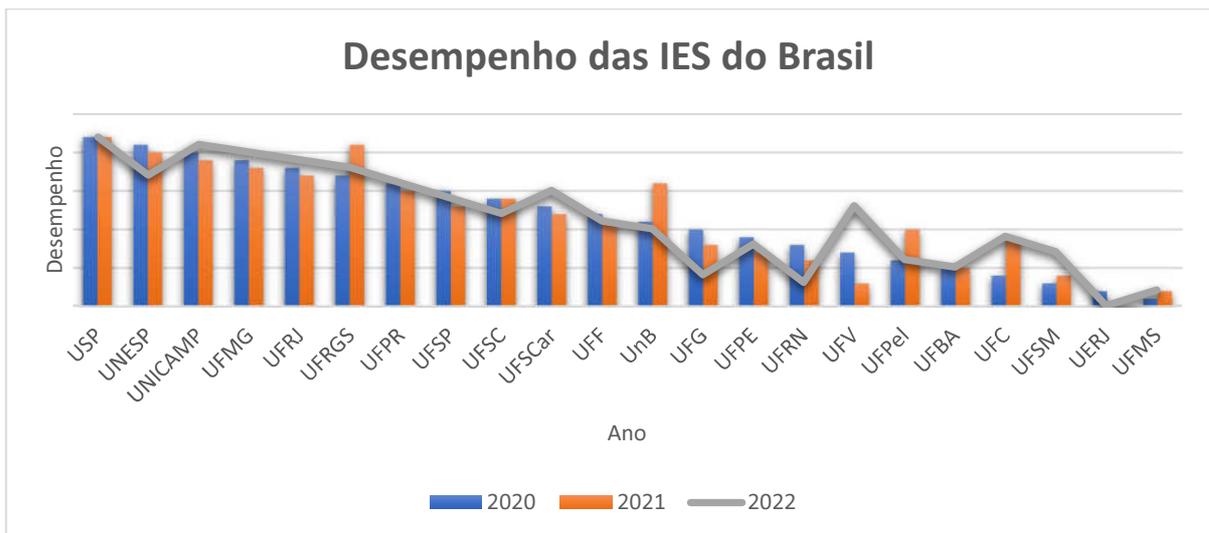
	2020	2021	2022
19	UFC	UFSM	UFG
20	UFSM	UFV	UFRN
21	UERJ	UFMS	UFMS
22	UFMS		

*UFV e a UFPel ficaram com o mesmo posicionamento 16º

Fonte: Autora a partir do *site ARWU (SHANGHAI RANKING, 2022)*.

O Gráfico 2 apresenta um gráfico com o desempenho das instituições de ensino superior do Brasil, segundo a ARWU, dos anos de 2020, 2021 e 2022. De Pernambuco, apenas a UFPE aparece na lista, e seu melhor desempenho foi em 2020.

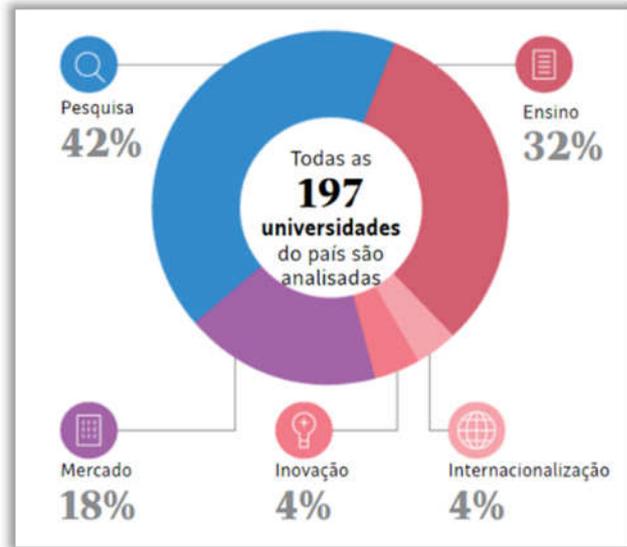
Gráfico 2 - Gráfico de desempenho IES do Brasil, segundo ARWU de 2020 a 2022.



Fonte: Autora a partir do *site ARWU (SHANGHAI RANKING, 2022)*.

O RUF analisou 197 universidades do Brasil. A composição da nota corresponde a 42% de pesquisa, 32% de ensino, 4% de internacionalização, 4% de inovação e 18% do mercado. Basicamente, na pesquisa são consideradas o número de publicações e citações; no ensino a opinião dos docentes, a formação dos professores e a nota do ENADE; na internacionalização a média de citações internacionais pelos trabalhos dos docentes e publicações com parcerias internacionais; na inovação consideram o número de patentes e parcerias com empresas; e por último o mercado que considera a opinião dos empregadores (RUF, 2019). A Figura 7 mostra a composição da avaliação e componentes de avaliação do RUF.

Figura 7 - Composição e componentes de avaliação do RUF.



Fonte: Imagem do *site* RUF (2019).

Segundo o MEC na última edição do ENADE, o melhor curso de Engenharia Civil em 2021, foi o da Universidade de São Paulo (USP). E segundo a Folha de São Paulo, *ranking* das universidades do Brasil de 2019 e o *ranking* dos melhores cursos de Engenharia Civil, reforçam o resultado do ENADE e demais ranqueamentos, ao apresentar a USP como a melhor IES, como é possível verificar na Tabela 4 (RUF, 2019).

Tabela 4 - Ranque Universitário Folha (RUF) de 2019.

	Universidade	Nota	Curso Engenharia Civil
1	USP	98,02	USP
2	UNICAMP	97,09	UNICAMP
3	UFRJ	97,00	UFRJ
4	UFMG	96,72	UFMG
5	UFRGS	95,68	UFRGS
6	UNESP	92,67	UFPR
7	UFSC	92,58	UnB
8	UFPR	92,02	UFSCar
9	UnB	91,21	UNESP
10	UFPE	89,77	MACKENZIE
11	UFC	89,47	UFSC
12	UFSCar	89,15	UFPE
13	UERJ	87,81	UFF
14	UFBA	86,95	UFC
15	UFV	86,84	UFES

Fonte: Autora a partir do *site* da Folha (2019).

A UFPE ficou em 10º lugar, a UFRPE no 64º lugar e a UPE na 71ª posição no que diz respeito ao *ranking* de universidades. Em relação aos cursos de Engenharia Civil a USP ocupa o primeiro lugar, a UFPE a 12ª posição e a UPE na 23ª posição.

Todas essas informações apresentadas dos ranqueamentos das diferentes empresas de pesquisa, tornam-se essenciais para a identificação das melhores IES, já que o objetivo de apresentar essa classificação consiste em buscar informações nos programas de curso de Engenharia Civil, dessas universidades, que apontem o diferencial que as colocam em lugar de destaque.

2.4 Considerações do capítulo

Este capítulo apresentou os principais conceitos referentes a indústria da construção no contexto da quarta revolução industrial rumo à Sociedade 5.0, o perfil de Engenheiro Inovador e as melhores IES em Engenharia Civil do Brasil e do mundo, segundo os ranqueamentos de universidades RUF, QS, THE e ARWU.

Foi abordado primeiramente os marcos de cada revolução industrial como uma forma de entender o processo de modernização da indústria. Em seguida, apresentou-se as características, princípios e tecnologias utilizadas pela Indústria 4.0, a fim de contextualizar cada conceito dentro do cenário da construção civil, facilitando a compreensão do leitor. E na sequência, houve a explanação dos principais desafios que a indústria da construção costuma enfrentar ao buscar acompanhar os avanços tecnológicos e desenvolver as suas atividades de forma sustentável.

Depois foi apresentado o perfil de Engenheiro Inovador, o profissional procurado pela Indústria 5.0. Essa parte do capítulo apresentou as habilidades e competências desejadas pelo setor da construção, bem como os *hard skills* e *soft skills* que devem ser priorizados durante a capacitação desse profissional. Ainda foi dada ênfase a formação humanizada e humanística necessária dentro das IES para que os aspectos humanos e sociais dos egressos melhorem o convívio em sociedade, ao apropriar-se de valores como empatia, respeito, ética, solidariedade e senso de justiça.

Por fim, abordou-se as escolas de engenharia, seus desafios para atender a resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021, a necessidade de utilização das metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, as desvantagens dos alunos que estudam a noite em relação

aos que estudam durante o dia, a avaliação contínua, a importância da pesquisa e da comunicação científica na formação do Engenheiro Inovador e a necessidade de incentivo financeiro, por meio de bolsas para os estudantes. Nesse tópico ainda foram abordados a necessidade de modernização dos currículos das universidades, visto que entre o currículo planejado e o currículo real existe um distanciamento.

Também destacou que o ranqueamento das IES geram pressão por conta da produção científica desviando a real função do professor que é o ensino, ainda mostrou a importância do nivelamento dos alunos como uma forma de minimizar a evasão escolar, os tipos de atividades que podem ser desenvolvidos em pesquisa-ensino-extensão e a necessidade de uma educação voltada para o desenvolvimento sustentável.

O capítulo encerrou com a apresentação das melhores IES do Brasil e do mundo, segundo as instituições de ranqueamento. Importante destacar que os indicadores de desempenho analisados por essas empresas, no geral se dividem em ensino, pesquisa e visão internacional. Entre os indicadores se tem reputação e desempenho acadêmico, reputação do empregador, proporção corpo docente/estudante, número de citações, proporção internacional de estudantes e professores e número de premiações. O próximo capítulo traz a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa.

3 METODOLOGIA

A escolha do método e técnica de uma pesquisa implicam em coerência epistemológica³, metodológica⁴ e técnica⁵, para o seu adequado desenvolvimento. Segundo Wazlawick (2009), um método de pesquisa é definido como o sequenciamento de etapas necessárias para se alcançar um objetivo. Ou seja, um “método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo [...] traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 83). A presente pesquisa classifica-se:

- ✓ Quanto à natureza – pesquisa aplicada;
- ✓ Quanto à abordagem – pesquisa qualitativa;
- ✓ Quanto aos objetivos – pesquisa exploratória e descritiva; e
- ✓ Quanto aos procedimentos – pesquisa documental, revisão sistemática da literatura e entrevista/consulta.

Compreende-se como pesquisa aplicada aquela com a finalidade de gerar soluções para um problema, ou seja, apresenta interesse prático. A contribuição pode ser teórica com a compreensão dos fatos ou trazendo novos fatos (FERRARI, 1982). Segundo Thiollent (2009, p. 36) a pesquisa aplicada objetiva a identificação de um problema e a busca de soluções, demandada por “clientes, atores sociais ou instituições”. Nesse sentido, a escolha por uma pesquisa aplicada foi o de conhecer como as IES, reconhecidas por sua excelência em formar engenheiros civis, estão preparando esses profissionais para atender a indústria da construção nessa Sociedade 5.0, e com isso poder apresentar dados relevantes para que a POLI/UPE melhore o seu desempenho educacional.

³ Epistemológica, conforme Severino (2007), compreende a forma como sujeito e objeto se relacionam no processo de construção do conhecimento.

⁴ Metodológica se refere a explicação dos objetos estudados por meio de um método de pesquisa como: método indutivo, método dedutivo, método comparativo etc. (THEÓPHILO; IUDÍCIBUS, 2005).

⁵ Técnica diz respeito a forma de operacionalizar a coleta de dados, como: experimento, estudo de caso etc. (THEÓPHILO; IUDÍCIBUS, 2005).

Quanto à abordagem e considerando o interesse nessa formação dos engenheiros civis, optou-se por uma abordagem qualitativa. Pois segundo Zanella (2013), a pesquisa qualitativa não emprega a teoria estatística para medir ou enumerar os fatos, mas busca conhecer a realidade segundo a perspectiva dos sujeitos envolvidos na pesquisa, sem a pretensão de utilizar elementos estatísticos para análise dos dados. Ainda conforme Minayo (2014), a pesquisa qualitativa utiliza o universo de significados, motivações, intenções, convicções, valores e ações, corroborando com a escolha dessa abordagem para essa pesquisa.

Já o método de pesquisa exploratória, de acordo com Gil (2019), busca maior familiaridade com o problema, não apresenta uma estrutura obrigatória e seu planejamento costuma ser bastante flexível devido ao interesse variado dos aspectos relativos ao conteúdo estudado. Considerando a natureza desta pesquisa que versa sobre a formação desse engenheiro inovador para essa nova indústria da construção, tornou-se pertinente optar pela pesquisa exploratória porque, segundo Severino (2016), a pesquisa exploratória objetiva levantar informações sobre um determinado objeto, delimitar um campo de estudo a partir de uma investigação mais ampla; bem como, a utilização desse tipo de estudo possibilita uma pesquisa futura mais precisa (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Enquanto o método da pesquisa descritiva, foi escolhido por buscar conhecer a realidade estudada, seus problemas, suas características e relações entre as variáveis. E, conforme Triviños (1987, p. 100), esse método procura “descrever com exatidão os fatos e fenômenos de determinada realidade”. A pesquisa descritiva não tem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, mas levantar “opiniões, atitudes e crenças de uma população” (GIL, 2008, p. 28).

De acordo com o objetivo proposto nesta pesquisa, de identificar a melhor formação para os engenheiros civis, tornou-se relevante entender os documentos que descrevem os programas dos cursos de Engenharia Civil, das melhores IES do mundo e do Brasil, por meio da pesquisa documental. Que segundo Fávero e Centenaro (2019), definem a pesquisa documental como um excelente instrumento para analisar, descrever, conhecer e produzir resumos de objetos de pesquisa.

A Revisão Sistemática da Literatura – RSL buscou trazer novos elementos que pudessem possibilitar o aprofundamento da pesquisa documental. Lembrando que a RSL possibilita fazer a compilação de vários estudos sobre um determinado assunto, realizando de forma sistemática e por critérios predefinidos. Esse instrumento tem como algumas das suas

vantagem a reprodução científica, a não repetição desnecessária de esforços e pode ser atualizada periodicamente. Já entre as desvantagens, destaca-se um maior desprendimento de tempo para a sua construção (ATALLAH; CASTRO, 1998; DONATO; DONATO, 2019).

3.1 Pesquisa documental

A pesquisa documental aqui apresentada, busca a elucidação de fatos relevantes para se compreender o fenômeno estudado. A presente pesquisa pretende fornecer subsídios à compreensão da temática por meio da análise dos Projeto Pedagógicos de Cursos (PPC) de Engenharia Civil, das melhores universidades do mundo e do Brasil, com o objetivo de encontrar informações que descrevam ações que contribuem com a formação exitosa dos engenheiros civis dessas IES para atender as demandas atuais da sociedade.

A pesquisa documental como pesquisa qualitativa pode ressaltar um recorte de tempo dentro de um contexto social, favorecendo a observação da evolução de indivíduos, grupos, práticas e conhecimentos de sua origem até a atualidade. Esse instrumento metodológico permite identificar e discutir alguns significados que atravessam a análise observacional que inclui a interpretação de documentos (CELLARD, 2008).

Conforme Bogdan e Biklen (1994), os dados apresentam elementos essenciais para a construção do pensamento adequado e profundo, sobre aspectos do contexto que se pretende explorar. Realizar uma pesquisa documental de qualidade requer um trabalho intenso para que os dados coletados e as evidências, confrontem o conhecimento teórico sistematizado adquirido durante o processo de investigação (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

A abordagem qualitativa de uma pesquisa documental exige do autor autoconsciência para se dirigir a um público em determinadas circunstâncias. Pesquisadores que fazem uso da abordagem qualitativa “são sustentados e movidos pelo desafio de conhecer o que foi construído e produzido para depois desvendar o que ainda não foi feito” sob uma nova perspectiva (SILVA, 2021, p. 25).

Em relação à pesquisa documental, Cellard (2008) esclarece que na primeira etapa precisa ser avaliado: o contexto, o autor, a autenticidade e a confiabilidade do texto, a natureza do texto, os conceitos-chave e a lógica interna do texto, e finalizando, a análise do documento. Vale ressaltar, que esgotar todas as possibilidades de reunir as fontes documentais na fase inicial, deve ser a primeira preocupação do investigador.

O plano de trabalho adotado para essa pesquisa documental percorreu a seguinte trajetória metodológica: a) busca pelos PPC das IES selecionadas por meio das plataformas digitais e e-mails dessas universidades; b) coleta, análise e compilação dos dados; c) apresentação dos resultados em forma de quadros, tabelas e gráficos.

O espaço-temporal para o desenvolvimento da pesquisa documental variou conforme o material disponível nas plataformas de busca, no entanto, para a escolha dos documentos optou-se sempre pelas versões mais atualizadas. E o recorte das universidades, compreendeu os dez melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil e três IES internacionais, segundo os critérios de classificação das universidades: Ranking Universitário Folha (RUF), *Quacquarelli Symonds (QS) – World University Rankings*, *Times Higher Education World University Rankings (THE)* e *Academic Ranking of World Universities (ARWU)*, por serem conceituados portfólios de ranqueamento de universidades. Percebe-se que a metodologia desses institutos de pesquisa utilizam indicadores parecidos no seu processo de classificação, e alguns se repetem nas pesquisas, como: quantidade de publicações em periódicos, o número de citações e a colaboração internacional. A seguir apresenta-se uma síntese da metodologia para o ranqueamento das universidades dessas instituições de pesquisa.

A metodologia utilizada para análise de desempenho das IES, da *QS World University Rankings*, baseia-se em cinco métricas que juntas compõem a nota. As diretrizes incluem a reputação acadêmica, reputação do empregador, citações de pesquisa por artigo, índice H e rede internacional de pesquisa. Mais de 1.400 IES foram classificadas nessa última relação de 2023 (QS, 2022).

De acordo com THE (2022), os indicadores de desempenho analisados da instituição são agrupados em ensino (ambiente de aprendizagem); pesquisa (volume, receita e reputação); citações (influência da pesquisa); perspectiva internacional (funcionários, estudantes e pesquisa) e renda da indústria (transferência de conhecimento). Em 2022 foram mais de 1.600 universidades em 99 países e territórios.

Segundo ARWU (2022), o ranque classificou 1.800 de 5.000 universidades, de 96 países e regiões do mundo. Os indicadores avaliados para essa classificação incluem número de produção científica, influência da pesquisa (proporção de citações na mesma categoria), colaboração internacional, qualidade da pesquisa (número de artigos publicados nos melhores periódicos) e prêmios acadêmicos internacionais.

O Quadro 7 apresenta o ranqueamento dos melhores cursos de Engenharia Civil do mundo e seus respectivos países, segundo o QS, THE e a ARWU. As cores do quadro sinalizam o aparecimento das IES que se repetem nos ranqueamentos de universidades.

Quadro 7 - Ranque dos melhores cursos de Engenharia Civil do mundo de 2022.

	QS	THE	ARWU
1	Instituto de Tecnologia de Massachusetts EUA	Universidade de Oxford Reino Unido	Universidade de Tongji China
2	Universidade de Tecnologia de Delft Holanda	Instituto de tecnologia da Califórnia EUA	Instituto Federal de Tecnologia de Zurique Suíça
3	Universidade Nacional de Singapura Cingapura	Universidade de Harvard EUA	Universidade de Tsinghua China
4	Universidade da Califórnia, Berkeley EUA	Universidade de Stanford EUA	Universidade Politécnica de Hong Kong China-Hong Kong
5	Universidade de Cambridge Reino Unido	Universidade de Cambridge Reino Unido	Universidade Tecnológica Nacional de Atenas Grécia
6	Colégio Imperial de Londres Reino Unido	Instituto de Tecnologia de Massachusetts EUA	Universidade Politécnica de Madrid Espanha
7	Instituto Federal de Tecnologia de Zurique Suíça	Universidade de Princeton EUA	Universidade do Sudeste China
8	Universidade Tecnológica de Nanyang Cingapura	Universidade da Califórnia, Berkeley EUA	Universidade de Notre Dame EUA
9	Universidade de Stanford EUA	Universidade Columbia EUA	Universidade de Lehigh EUA
10	Escola Politécnica Federal de Lausana Suíça	Colégio Imperial de Londres Reino Unido	Universidade do Texas em Austin EUA

Fonte: Autora a partir dos sites QS (2022), THE (2022) e ARWU (2022).

Também foram inclusos os dez melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil, segundo o Ranque Universitário Folha. O Quadro 8 mostra a classificação dos melhores cursos de engenharia do Brasil, segundo o RUF (2019).

Quadro 8 - Melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil.

	Universidade	Estado
1	Universidade de São Paulo – USP	SP
2	Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP	SP
3	Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	RJ
4	Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG	MG
5	Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	RS
6	Universidade Federal do Paraná – UFPR	PR
7	Universidade de Brasília – UnB	DF
8	Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR	SP
9	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP	SP
10	Universidade Mackenzie – MACKENZIE	SP

Fonte: Autora a partir do ranque universitário Folha (RUF, 2019).

O Quadro 9 apresenta os melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil, segundo o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE, de 2019.

Quadro 9 - Melhores cursos de Engenharia Civil do Brasil segundo o Enade.

	Universidade	Estado
1	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	PR
2	Centro Universitário FBV Wyden (UniFBV Wyden)	PE
3	Faculdade Norte Capixaba de São Mateus (Multivix São Mateus)	ES
4	Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	RS
5	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)	MG
6	Faculdade IBMEC (IBMEC)	MG
7	Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila)	PR
8	Universidade Federal de Lavras (UFLA)	MG
9	Centro Universitário Ateneu	CE
10	Centro Universitário Curitiba (Unicuritiba)	PR

Fonte: Autora a partir dos dados do Enade (MEC, 2019).

A escolha pela pesquisa documental partiu da necessidade de conhecer um pouco da formação dos engenheiros civis dessas grandes IES, apontadas por esses ranques de universidades. Entender o procedimento que leva a um bom desempenho diante dos

indicadores de qualidade que determinam a excelência de um curso fazem parte dos objetivos desta pesquisa. A USP não participou do Enade por isso não aparece no Quadro 9.

A procura pelos PPC ocorreu primeiramente nas plataformas das próprias universidades. À medida que não estavam disponibilizados ou muito desatualizados, o procedimento foi a solicitação por meio de *e-mail*. Os endereços de *e-mails* foram adquiridos nos *sites* das universidades, cuja escolha se deu pelos contatos das secretarias e das coordenações dos curso de engenharia civil. Alguns PPC recebidos ainda estavam em processo de reformulação, a fim de atender as exigências das DCN - CNE/CES, Resolução N° 02, 24/04/2019, dos cursos de graduação em engenharia. Foram analisados 13 PPC de Engenharia Civil de IES do Brasil, conforme descrito no Quadro 10, utilizando a ordem de ranqueamento de universidades da Folha.

Quadro 10 - Ranque Universitário Folha dos cursos de Engenharia Civil de 2019.

	Universidades	Forma de adquirir o PPC
1	USP*	<i>site</i>
2	UNICAMP	<i>site</i>
3	UFRJ	<i>site</i>
4	UFMG	<i>e-mail</i>
5	UFRGS	<i>site</i>
6	UFPR	<i>e-mail</i>
7	UnB	<i>site</i>
8	UFSCar	<i>site</i>
9	UNESP	<i>site</i>
10	MACKENZIE	Não foi possível obter
11	UFSC	<i>site</i>
12	UFPE	<i>e-mail</i>
...	...	
23	UPE	<i>site</i>

*POLI/USP (Escola Politécnica de São Paulo) e a EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos)

Fonte: Autora a partir do *site* da Folha (2019).

No Quadro 11, encontram-se os projetos pedagógicos de curso das universidades que foram analisadas nesta investigação. Nesse caso foram treze projetos pedagógicos de curso de instituições brasileiras e três de instituições internacionais, cujo as informações foram colhidas no próprio *site*.

Quadro 11 – Documentos analisados.

(continua)

IES	Ano	Título do documento
POLI/USP	2014	Projeto Político Pedagógico – Estrutura Curricular 3, Versão 2014, Habilitação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4215367/mod_resource/content/1/PPP%20Eng%20Civil%20EC3%202014%20Vers%E2%88%86o%20Entregue.pdf . Acesso em: 26 jan. 2023.
	2018	Projeto Pedagógico – Estrutura Curricular 3 – 2018, Versão 7, Habilitação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4275324/mod_resource/content/1/PP%20Engenharia%20Civil%20EC3%202018%20v7%20Final%2015%2009%202017%20.pdf . Acesso em: 26 jan. 2023.
	2018	Ementa da disciplina de Introdução à Engenharia. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5072579/mod_resource/content/1/20180223Ementa%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20Eng.%20Civil.pdf . Acesso em: 31 jan. 2023.
EESC/USP	2021	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da USP (Aprovado pela CoC em 07.06.2021 e pela CG em 25.06.2021). Disponível em: https://eesc.usp.br/docs/graduacao/projeto-pedagogico/ppp_18023.pdf . Acesso em: 26 jan. 2023.
UNICAMP	2023	Projeto Pedagógico e Catálogo de 2023 do curso de Graduação em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FECFAU. Disponível em: https://www.fecfau.unicamp.br/includes/pdf/web/viewer.php?arq=475 . Acesso em: 26 jan. 2023.
UFRJ	2017	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil – 2017-1. Disponível em: https://poli.ufrj.br/wp-content/uploads/2021/05/PPC-ENGENHARIA-CIVIL.pdf Acesso em: 30 jan. 2023.
UFMG	2013	Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Civil, Versão Curricular 2013-1. Disponibilizado por: colcivil@cce.ufmg.br. Recebido em: 11 jan. 2023, às 13:33h, conforme Anexo A.
	2018	Plano de Desenvolvimento Institucional 2018-2023, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/2021/08/PDI_2018-2023.pdf . Acesso em: 26 jan. 2023.
UFRGS	2009	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil – 2009. Disponível em: https://www.ufrgs.br/engenharia//uploads/files/ppc_civ.pdf . Acesso em: 30 jan. 2023.

(conclusão)

IES	Ano	Título do documento
UFPR	2022	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia civil – 2022. Disponibilizado por: secretaria_engcivil.cem@ufpr.br. Recebido em: 12 jan. 2023, às 14:12h, conforme Anexo B.
UnB	2022	Projeto Pedagógico de Curso – 2022. Disponível em: https://sigaa.unb.br/sigaa/public/curso/ppp.jsf?lc=pt_BR&id=414350 . Acesso em: 30 jan. 2023.
UFSCar	2019	Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado em Engenharia civil – 2019. Disponível em: https://www.prograd.ufscar.br/cursos/cursos-oferecidos-1/engenharia-civil/PPCEC2019completoV2.pdf . Acesso em: 30 jan. 2023.
UNESP	2013	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil – 2013. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/Graduacao/cursos/projeto-pedagogico--civil-2019.pdf Acesso em: 30 jan. 2023.
UFSC	2020	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia civil – 2020. Disponível em: https://ecv.paginas.ufsc.br/files/2021/03/PPC-vers%C3%A3o-final-2020.1-1.pdf . Acesso em: 30 jan. 2023.
UFPE	2012	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia civil – 2012. Disponibilizado por: graduacao.engcivil@ufpe.br. Recebido em: 16 nov. 2022, às 9:58h, conforme Anexo C.
	2022	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia civil – 2022. Disponibilizado por: graduacao.engcivil@ufpe.br. Recebido em: 16 nov. 2022, às 9:58h, conforme Anexo C.
POLI/UPE	2020	Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil – 2020. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1wE78tFug6oVp68x4uXuDMnAigCWMsKMa . Acesso em: 30 jan. 2023.
Instituições internacionais		
MIT	2023	Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT. Escola de Engenharia – 2023. Disponível em: http://catalog.mit.edu/schools/engineering/civil-environmental-engineering/ Acesso em: 14 fev. 2023.
Oxford	2023	Universidade de Oxford Ciência da Engenharia – 2023. Disponível em: https://www.ox.ac.uk/admissions/undergraduate/courses/course-listing/engineering-science Acesso em: 14 fev. 2023.
Caltech	2023	Caltech Catalog – 2023. Disponível em: https://catalog.caltech.edu/documents/128/catalog_22_23.pdf . Acesso: 01 fev. 2023.

Fonte: Autora a partir dos PPC das IES analisadas (2023).

Devido à dificuldade em conseguir os PPC das instituições internacionais, optou-se por apresentar as informações do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, da Universidade de Oxford e do Instituto de Tecnologia da Califórnia. Na plataforma do Caltech é possível

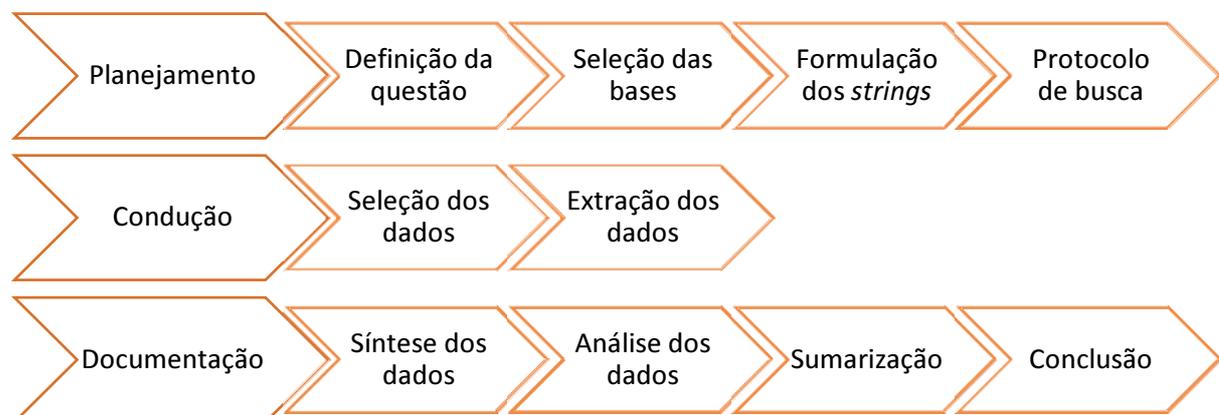
encontrar um catálogo com todas as informações contidas no *site* em um único volume, são 890 páginas, o que demandou muito tempo para extrair as informações pertinentes a esta pesquisa. Este documento e as informações dessas universidades podem ser acessadas pelo *link* disponível no Quadro 11.

3.2 Revisão sistemática da literatura

Para a realização da RSL seguiu-se as diretrizes dos Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises – PRISMA (PRISMA, 2018). Os trabalhos selecionados para esta pesquisa foram encontrados no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. A ferramenta de protocolo adotada foi o StArt (*State of the Art through Systematic Review*), *software* disponibilizado, de forma gratuita, pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (LaPES UFSCar, 2022).

A pesquisa realizou-se em três etapas: planejamento, condução e documentação. Na etapa de planejamento foram definidas as questões de pesquisa, a seleção das bases de dados, a formulação dos *strings* e o protocolo de busca. Na etapa de condução, procedeu-se a seleção, a extração e a análise dos dados. E por último, foi formatado a documentação, por meio da síntese dos dados, sumarização e conclusão. A Figura 8 apresenta as etapas executadas nessa revisão sistemática da literatura.

Figura 8 - Etapas da revisão sistemática da literatura



Fonte: Autora.

Planejamento – Nessa etapa o primeiro passo foi a definição da questão da pesquisa, que precisou ser bem formulada e relevante cientificamente, para que a pergunta fosse

respondida com clareza, facilitando o desenvolvimento das etapas posteriores. A escolha das bases de dados e a formulação dos *strings* de busca, por determinarem o sucesso ou fracasso do número e da relevância dos trabalhos obtidos com a busca nas plataformas, exigiram da pesquisadora inúmeras tentativas até encontrar o melhor resultado. Para a formulação dos *strings* foi utilizado o acrônimo PICO, que corresponde a população (P), interesse (I) e contexto (Co). Os termos definidos como critério PICO utilizou-se de palavras-chave combinadas a descritores *booleanos* (*AND* e *OR*). Finalizando essa etapa, ocorreu o preenchimento do protocolo de busca com as especificações de todas as informações necessárias para o desenvolvimento dessa pesquisa, como: título, objetivo, questão, palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão e resultados esperados. O Quadro 12, que vem descrevendo a questão de pesquisa, o critério PICO, as bases de dados e os *strings* de busca utilizados.

Quadro 12 - Descrição das revisões sistemáticas da literatura.

Revisão sistemática da literatura	
Questões de pesquisa	
P1 – Como os conceitos de sustentabilidade podem/devem ser incorporados nos cursos de graduação em Engenharia Civil?	
P2 – Qual o perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador?	
Critério PICO	
População (P)	Cursos de Engenharia Civil
Interesse (I)	Sustentabilidade
Contexto (Co)	Educação e ensino
String de busca e bases de dados	
("civil engineering") AND (Sustainability OR "sustainable development") AND (education OR "higher education institutions" OR teaching OR "hard skills" OR "soft skills" OR "construction education" OR "technological skills" OR teacher OR "innovative engineer")	
Engineering Village - https://www.engineeringvillage.com/home.url?redir=t	
Scopus - https://www.scopus.com/home.uri	
Web of Science - https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/	

Fonte: Autora.

As limitações da revisão sistemática da literatura compreendem o tipo de publicação, o objeto de investigação, o recorte temporal, o idioma e o tipo de acesso, conforme descrito abaixo:

- ✓ Tipo de publicação – artigos publicados em periódicos ou de conferência;
- ✓ Objeto de investigação – ensino superior em engenharia;
- ✓ Recorte temporal – 2021, 2022 e 2023;
- ✓ Idioma dos artigos – português, inglês e espanhol;
- ✓ Tipo de acesso – aberto ou texto completo disponível.

Todos esses filtros foram executados ainda nas bases de dados, sendo assim, no StArt ocorreu apenas o refinamento das buscas, na fase de condução e de extração dos dados.

Condução – Nessa etapa ocorreu a seleção dos dados em que as publicações duplicadas e que não apresentaram os termos de busca no título, palavras-chave e resumos, foram excluídos. Na fase de extração dos dados levou em consideração os critérios de inclusão e exclusão, que foram definidos para que apenas os artigos pertinentes a pesquisa fossem aceitos na filtragem. O Quadro 13 apresenta os critérios de inclusão e de exclusão da RSL.

Quadro 13 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos da RSL.

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	
Critério	Descrição do critério de inclusão
CI-1	Artigos que apresentaram estratégias e/ou metodologias de ensino que incorporam conceitos de sustentabilidade nos cursos, bem como indique o perfil adequado de professor
Critério	Descrição do critério de exclusão
CE-1	Duplicados
CE-2	Não apresentaram os termos de busca dos <i>strings</i> no título, palavras-chave e o resumo
CE-3	Não aderente ao tema da pesquisa

Fonte: Autora

Critérios de qualidade dos artigos também foram adotados para as publicações que passaram nos primeiros filtros. Foram levados em consideração os artigos que apresentaram coerência e coesão textual, estudos que apresentaram desenho metodológico claro e

replicável, além de atenderem os objetivos dessa revisão sistemática. Na sequência, a extração dos dados passou pelo critério de elegibilidade em que foi respondido se houve ou não extração de dados do artigo, bem como, foi contextualizado nos cursos de engenharia civil. Vale lembrar que todos estes filtros foram executados no *software* StArt. O Quadro 14 apresenta a sequência de filtros executada nessa pesquisa.

Quadro 14 – Resumo do sequenciamento dos filtros da RSL.

Filtros	Critérios de exclusão
1º Filtro	Duplicados
2º Filtro	Não apresentaram os termos de busca dos <i>strings</i> no título, palavras-chave e o resumo
3º Filtro	Não passaram nos critérios de qualidade
4º Filtro	Não passaram nos critérios de elegibilidade

Fonte: Autora

Documentação – Essa etapa consistiu na síntese dos dados realizado por meio da ferramenta Excel. Na planilha foi registrado o título, referência, ano, país, resumo e dados pertinentes a pesquisa, de cada artigo aceito. A análise foi executada de forma criteriosa a partir das informações obtidas na fase de síntese, por meio do agrupamento dos dados. Em seguida ocorreu o processo de sumarização por meio da elaboração de fluxogramas, gráficos e tabelas, como uma forma de melhor apresentar os resultados do mapeamento e os resultados bibliométricos. E na conclusão se apresenta a análise descritiva dos dados encontrados, que buscou responder à questão de pesquisa estabelecida na revisão sistemática da literatura.

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a pesquisa documental, RSL e a entrevista. E em seguida as discussões, considerações finais, referências e os anexos.

3.3 Entrevista/consulta aos profissionais

De posse dos critérios e indicadores de qualidade das IES obtidos com a pesquisa documental e a revisão sistemática da literatura, profissionais experientes participantes do Núcleo Docente Estruturante (NDE) e da gestão da POLI/UPE, que tiveram acesso aos resultados desta pesquisa previamente e estão envolvidos nos trabalhos para melhorar o desempenho da instituição, foram consultados por meio de entrevistas semiestruturadas, utilizando-se do formulário conforme o Apêndice A. Os anos de experiência na docência e a

rica formação desses profissionais, além de corroborar no embasamento dos resultados, forneceram informações coerentes com a realidade atual da POLI/UPE. O Quadro 15 mostra a experiência profissional dos entrevistados.

Quadro 15 – Experiência profissional dos entrevistados.

Entrevistado	Formação	Atuação
A	Pós-doutorado em Engenharia Civil (2012)	Docente, líder de grupo de pesquisa e gerente de pós-graduação stricto sensu (POLI/UPE), gerente geral de Formação Superior da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação de Pernambuco (SECTI-PE)
B	Doutorado em Engenharia Industrial e de Sistemas (2017)	Docente, coordenadora do curso de bacharelado em Engenharia Civil e da especialização de Segurança e Higiene do Trabalho da POLI/UPE
C	Doutorado em Educação (2021)	Docente e coordenadora do Núcleo de Apoio Psicopedagógico Inclusivo (NAPSI) da POLI/UPE

Fonte: Autora

Além dos dados colhidos diretamente com as entrevistas, outras informações fundamentais foram incorporadas a pesquisa, provenientes da reunião do planejamento estratégico, formado pelo NDE da POLI/UPE, em que cada critério e indicador de qualidade apontados nesta pesquisa, conforme o Quadro 16 e Quadro 17 que mostram o resumo dos critérios e indicadores de avaliação das IES nacionais e internacionais e resultados da RSL, foram discutidos exaustivamente. Importante destacar que a reunião do planejamento estratégico contou com a participação do diretor e vice-diretor da POLI/UPE, coordenadores dos cursos de pós-graduação (Lato Sensu e Stricto Sensu), coordenação setorial de graduação das engenharias (Civil, Computação, Controle e Automação, Elétrica Eletrônica, Elétrica Eletrotécnica, Elétrica Telecomunicações, Mecânica e Física dos Materiais), coordenação setorial de extensão, assessoria de relações internacionais e membros do departamento administrativo e financeiro.

3.4 Considerações do capítulo

Este capítulo apresentou a metodologia utilizada para a condução desta pesquisa. Nos primeiros parágrafos foram apresentados os conceitos básicos de classificação da pesquisa: quanto à natureza foi pesquisa aplicada, quanto à abordagem foi pesquisa qualitativa, quanto

aos objetivos foi exploratória e descritiva e, quanto aos procedimentos utilizou a pesquisa documental, RSL e entrevista.

A trajetória metodológica da pesquisa documental consistiu na coleta, análise e síntese das informações retiradas dos PPC das IES selecionadas para esta pesquisa. Os dados das IES internacionais foram colhidos na plataforma dessas universidades. A escolha dos PPC ocorreu conforme o ranqueamento de universidades da QS, THE, ARWU e RUF. A UFPE entrou na análise por ser a melhor do estado e a POLI/UPE por ser objeto de pesquisa.

Já a realização da RSL ocorreu em três fases, planejamento, condução e documentação, com a utilização da ferramenta de protocolo StArt. Limitações, critérios de inclusão e exclusão, e critérios de qualidade foram adotados com o objetivo de filtrar os artigos. O Quadro 16, apresenta o resumo do procedimento metodológico.

Quadro 16 – Resumo do procedimento metodológico.

Fase do Planejamento		Ferramentas de pesquisa	Atividades	Entregas
1	Revisão da literatura	Google Scholar	Busca aleatória para conhecimento do tema	Definição preliminar da estrutura da pesquisa
		Plataforma Sucupira da CAPES	Seleção das bases de dados	Formulação dos strings de busca
		Engineering Village, Web of Science, Google Scholar e sites	Busca direcionada nas bases de dados e sites	Objetivos, metodologia e resultados esperados
2	Pesquisa documental	Sites de ranqueamentos de IES (RUF, QS e THE)	Escolha dos ranques	Definição das IES analisadas
		Sites e email das IES nacionais e internacionais	Procura pelos PPC e documentos que apontassem ações exitosas das IES	Portfólio de documentos e informações para posterior análise
Fase da Condução		Tipo de documento/recurso	Atividades	Entregas
3	Revisão da literatura	Artigos de revista e conferência, teses, dissertações, documentos diversos, relatórios e sites	Seleção dos dados	Identificação e separação dos conteúdos
				Consulta a documentos citados
				Descarte ou aproveitamento dos novos dados
		Todos os selecionados para o estudo	Extração dos dados	Referencial Teórico
		Desafios e necessidades das Escolas de Engenharia Civil para modernizar seus currículos e melhor formar seus alunos		
4	Pesquisa documental	PPC, sites e documentos das IES	Identificação e extração dos dados	Definição dos critérios e indicadores de qualidade das IES
Fase dos Resultados		Método	Atividades	Entregas (atendimento aos Objetivos Específicos 1 e 2)
5	Revisão da literatura	Síntese, análise e sumarização dos dados	Formatação do texto	OE 1 - Habilidades e tecnologias p/ a indústria, estratégias educacionais exitosas, conceitos de sustentabilidade e perfil de professor
6	Pesquisa documental	Avaliação e categorização dos indicadores	Formatação do texto, confecção de quadros, tabelas e gráficos	OE 2 - Diferencial das melhores IES nacionais e internacionais
Fase de Conclusão		Método de coleta de dados	Técnica de análise de dados	Entregas (atendimento ao Objetivo Específico 3)
7	Documentação	Revisão da literatura e pesquisa documental	Análise de conteúdo obtidos nos resultados desta pesquisa	OE 3 - Diagnóstico e recomendações de melhoria para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE; Formatação do modelo de entrevista
		Entrevista	Análise de discurso a partir das respostas	OE 3 - Quadro com sugestões de melhorias para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE

Fonte: Autora.

O próximo capítulo traz os resultados da pesquisa documental, RSL e entrevistas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Pesquisa Documental

Para atender os objetivos específicos desta pesquisa, iniciou-se com a pesquisa documental das melhores universidades do Brasil e do mundo. E tendo como base a epistemologia, ou seja, a teoria sobre a formação do conhecimento científico a partir da formação profissional técnica-cidadã, fez-se necessário compreender dentro dos princípios filosóficos e pedagógicos de curso que:

Para os que vivem do trabalho, a escola é o espaço privilegiado para o estabelecimento de relações significativas com todas as áreas do conhecimento de modo a preparar o aluno para assumir-se também como sujeito de sua história e da história da humanidade, compreendendo o papel revolucionário da ciência para a destruição das condições geradoras de exclusão, as quais, frutos da práxis humana, só por meio dela serão superadas (IFC, 2014, p. 18).

Partindo desses princípios e de que todos os espaços são de aprendizagem, observa-se que a teoria, a prática, os recursos e as circunstâncias do ambiente e do estado emocional dos envolvidos, determinam o sucesso das atividades de um profissional. Ainda é preciso lembrar que as atividades na indústria da construção são dinâmicas, pois tudo muda: materiais, normatização, ambientes, clientes, disponibilidade de recursos, entre outros. Sendo assim, a formação dos profissionais de Engenharia Civil devem ligar a técnica com o mundo do trabalho para que seja cultivada, aprendida e transformada (MORAES, 2016).

A formação acadêmica precisa levar em consideração as observações, interações e particularidades das situações, que promovem a todo instante aprendizado, isto é, uma abordagem sociointeracionista onde todos os espaços são de aprendizagem. Segundo Ribeiro (1991, p. 137) o conhecimento “[...] quando se sai da ideia para a prática, da prática para a ideia, a educação acontece, porque parte e todo, todo e parte se integram e convergem dialeticamente na síntese, na totalidade existencial”.

Pensando na formação dos engenheiros civis que sejam capazes de modernizar a indústria da construção, e a partir da literatura consultada, percebe-se que a articulação das ideias e processos que formatam a automatização são fundamentais na profissionalização, mesmo sabendo que as intervenções – emocionais, por exemplo – podem até impedir a concretização de um objetivo.

E, que independente da teoria, Piaget (construtivista⁶) ou Vygotsky (sociointeracionista⁷), escolher uma corrente nem sempre garantirá o sucesso no ensino-aprendizagem. Pois o ambiente, a disciplina, as condições emocionais, os materiais, a disponibilidade de tempo, as circunstâncias, entre outras, determinarão o melhor método a ser adotado na formação profissional.

Posto isto e tendo o aluno enquanto protagonista no seu processo de aprendizagem, observa-se que a construção do saber no século XXI, exige do Engenheiro Inovador, além do conhecimento técnico (*hard skills*), sensibilidade para se adaptar as circunstâncias, inteligência emocional para atingir o objetivo, senso de responsabilidade com o todo, abertura para o novo, criatividade, comunicação eficaz e autoconhecimento (*soft skills*) para que as escolhas ao longo da jornada formativa sejam as mais assertivas nessa construção do saber, conforme as características apontadas no documento do CNE (2018).

Descobrir-se como um aluno auditivo, tátil, visual ou cinestésico, por exemplo, pode ser o primeiro passo nesse autoconhecimento enquanto agente ativo no seu processo de aprendizagem, pois de posse dessa informação será muito mais fácil escolher um método de estudo compatível com suas características. Mapas mentais, mapas conceituais, método pomodoro, *flashcards*, método intercalado, são algumas das ferramentas de técnicas de estudo que podem ser utilizadas. Enfim, essas informações preliminares pretendem facilitar a compreensão dos resultados obtidos com a pesquisa documental.

4.1.1 Diferencial das melhores IES do Brasil

Primeiramente, é preciso compreender que a educação deve ajudar a enfrentar os desafios comuns, criar futuros compartilhados e interdependentes, pois segundo a UNESCO (2021), a maximização da desigualdade social e econômica, as mudanças climáticas, a diminuição da biodiversidade, a exploração desenfreada dos recursos, o retrocesso democrático e a automação tecnológica disruptiva são marcas da atual conjuntura da história.

⁶ Construtivista é o método em que o aluno deve ser o protagonista no seu processo de aprendizagem (DE LA TAILLE; DE OLIVEIRA; DANTAS, 2019).

⁷ Socioconstrutivista ou sociointeracionista, diz que o homem se forma a partir da interação com o meio (VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

Lembrando que as formas como é organizado a educação no mundo não garantem sociedades mais justas e pacíficas, um planeta mais saudável e um progresso que traga benefícios para todos (UNESCO, 2021).

Sendo assim, faz-se necessário elencar alguns desafios que as IES e o mercado enfrentam, que minimizam as possibilidades de êxito de se ter uma educação de qualidade que atenda as demandas atuais da sociedade.

Começando pela figura do gestor de universidades, pois o que acontece é um professor assumir sem antes receber qualquer tipo de treinamento para exercer a função (RODRÍGUEZ-PULIDO; AGUIAR-PERERA, 2015). Assim como, a “[...] individualização, centralização e autoritarismo, que parecem permanecer enraizados nas paredes de algumas instituições centenárias[...].” (MIRANDA COSTA, 2020, p. 63).

No Brasil o desafio é melhorar a qualidade e reduzir a evasão dos cursos de engenharia, já que o desenvolvimento tecnológico depende principalmente dos engenheiros. Conforme a CNI (2018), a melhoria de produtos e processos, a otimização da gestão da produção, a inovação, as pesquisas e o empreendedorismo, são reflexos da atuação desses profissionais. O Brasil forma menos engenheiros que os seus concorrentes, a taxa de evasão gira em torno de 50% e, mesmo as escolas de ponta tem como melhorar (CNI, 2018).

Rodríguez-Gómez e Gairín-Sallán (2015) ressaltam a necessidade de mudança cultural das instituições de ensino superior. Freitas-Junior *et al.* (2015), defendem uma maior agilização burocrática, comunicação interna eficaz e transparência administrativa, como essenciais para garantir a sustentabilidade do crescimento institucional. Os autores ainda apontam o comprometimento com a abordagem estratégica institucional dos gestores e coordenadores necessárias a mudança cultural.

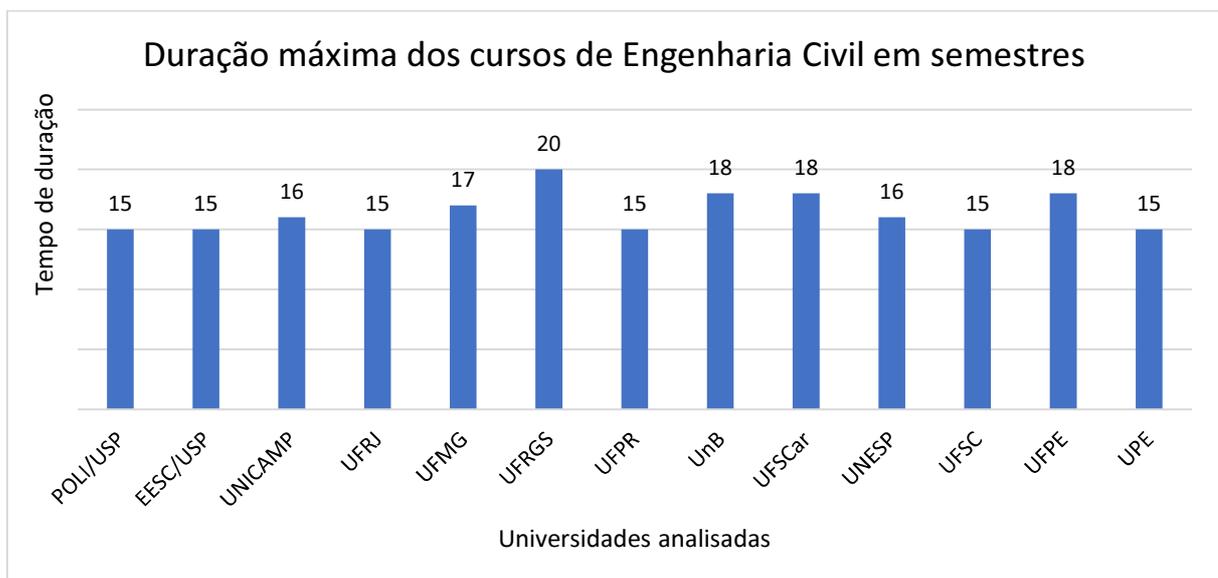
Dentre os critérios selecionados para análise, tem-se: horário do curso, disciplina do ciclo profissional no primeiro período, percurso formativo, metodologias de ensino e estratégias pedagógicas, atividades de ensino-pesquisa-extensão, formas de avaliação, sustentabilidade, direitos humanos e inovação, esses critérios identificados nos PPC, apresentam indícios de sucesso dessas universidades. Só lembrando que as instituições brasileiras que tiveram seus PPC analisados nessa pesquisa, são: POLI/USP, EESC/USP, UNICAMP, UFRJ, UFMG, UFRGS, UFPR, UnB, UFSCar, UNESP, UFSC, UFPE e POLI/UPE.

A extração dos dados nos PPC partiram das orientações encontradas no documento das Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia (2019). As primeiras informações apresentadas, a seguir, trata-se de dados básicos dessas instituições analisadas que apresentam possíveis pistas da qualidade dessas IES. Após a explanação desses elementos básicos são apresentados separadamente, os critérios identificados na pesquisa documental, tidos como relevantes para esse processo de modernização de ensino-aprendizado que melhor forma o Engenheiro Inovador.

A primeira informação identificada consiste no desafio dos professores, principalmente do ciclo básico, pela falta de preparo dos ingressos para lidar com o raciocínio necessário as disciplinas como cálculo, física e álgebra. Algumas universidades realizam um exame de proficiência em cálculo, como é o caso da UFSC, com o intuito de avaliar o grau de conhecimento de matemática do estudante que ingressa no curso de Engenharia Civil. O aluno que for aprovado não precisa cursar a disciplina de pré-cálculo. Ações como essas contribuem com o nivelamento do alunado e evita que desistam do curso logo no início.

Um outro ponto identificado foi a duração máxima dos cursos de Engenharia Civil. A USP, por exemplo, tem duração ideal de 10 semestres (5 anos), mínimo de 8 semestres (4 anos) e máximo de 15 semestres (7,5 anos). Dentre as IES analisadas apenas a UFRGS tem duração máxima de 20 semestres (10 anos), o restante varia de 15 a 18 semestres, conforme pode ser visto no Gráfico 3, que mostra os períodos de integralização curricular máximo.

Gráfico 3 - Duração máxima dos cursos de Engenharia Civil.



Fonte: Autora a partir dos PPC e *sites* das IES (2023).

Observa-se no Gráfico 3 que apesar da POLI/USP e da EESC/USP disporem de um maior número de itinerários formativos, como será visto adiante, o tempo máximo de integralização dessas instituições de ensino superior são de 15 semestres, no entanto, em algumas situações esse período máximo muda conforme o caminho formativo escolhido pelo discente.

A distribuição da carga horária da POLI/USP é bastante parecida com as demais instituições analisadas. O limite máximo de créditos-aula são de 40 por semestre, isso corresponde a 600h/aula e a carga horária total do curso da POLI/USP se encontra dividida conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição de carga horária da POLI/USP.

Núcleo de conteúdos	Carga horária (h)
Básico	1.260
Profissionalizante	1.695
Específico (inclui estágio e Trabalho Final de Curso – TFC)	1.035
Optativas livres	420
Módulo didático	420
Total	4.410 horas

Fonte: Autora a partir do PPC (USP, 2022).

Importante destacar que 10% da carga horária total do curso de Engenharia Civil está dedicada a atividades de extensão, exigência das DCN, e que na matriz curricular do curso já vem definido quais disciplinas desenvolverão as atividades práticas e quantidade de crédito exigido pela disciplina. O sistema de crédito adotado pela USP determina: 01CA (crédito-aula) = 15h e 01CT (crédito-trabalho) = 30h, por exemplo, a disciplina de Introdução à Engenharia Civil, oferecida no primeiro período é composta por 2 CA (30h/aula) e 1 CT (30h/trabalho), totalizando 60 horas. Lembrando que essas horas de atividades práticas, crédito-trabalho, contam como atividade de extensão.

Um outro ponto que merece destaque é a questão da internacionalização da Escola da USP, trabalhada a partir da oferta de disciplinas ministradas em inglês em períodos alternados com o intuito de atrair estudantes de outros países, bem como estimular o hábito da leitura e da escrita em inglês dos seus alunos. Ações como essas só corroboram com o pensamento de Ribeirinho *et al.* (2020) que mostra a valorização da internacionalização nesse atual contexto da revolução industrial.

Uma outra preocupação da USP diz respeito as disciplinas optativas que são oferecidas em horários que não chocam com as disciplinas obrigatórias, embora o aluno possa cursar as optativas livres em outras habilitações da Escola ou em outras unidades da USP. Inclusive, 10% das vagas são destinadas a alunos externos à habilitação ou ênfase do curso.

Em relação ao estágio supervisionado e o Trabalho Final de Curso – TFC, da POLI/USP, esses devem ser desenvolvidos concomitantemente com o módulo de especialização do quinto ano ideal. E do ponto de vista de desenvolvimento da pessoa, a UNICAMP oferece atendimento psicossocial, com apoio psicológico e psiquiátrico, orientação pedagógica, ações culturais, orientação jurídica, bolsa-auxílio e estágios.

A mobilidade estudantil é um dos destaque da UFMG, principalmente o Programa Andifes de Mobilidade Estudantil, voltado a estimular o intercâmbio em âmbito nacional. O estudante efetua seus estudos por um semestre em outra universidade do Brasil, assim como a instituição também acolhe estudantes de outras IES e disponibiliza o auxílio-deslocamento para os alunos.

De posse dessas primeiras informações, a seguir são apresentados, separadamente, os critérios de qualidade identificados nessa pesquisa. O primeiro critério diz respeito ao horário em que o curso é ofertado, em que se constata que apenas a POLI/UPE oferta a graduação em Engenharia Civil a noite.

4.1.1.1 Horário do curso

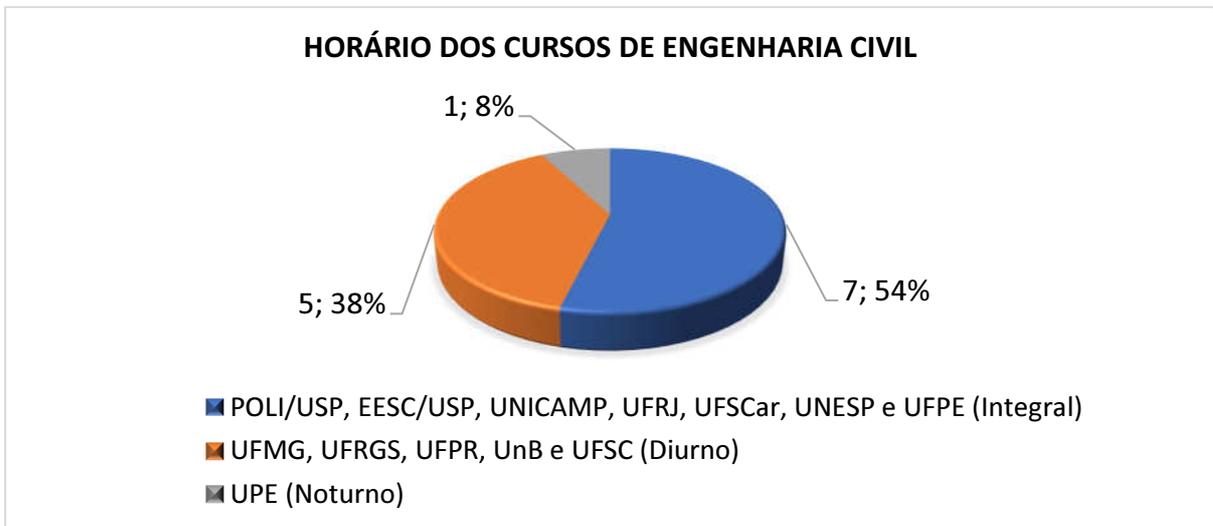
Segundo Maranhão e Veras (2017), muitas vezes o desempenho do aluno do período da noite é prejudicado pelo cansaço, já que a maioria são estudantes-trabalhadores ou trabalhadores-estudantes. Além dessa questão apontada pelas autoras, existe a exclusão de uma parcela do alunado dos programas de ensino e extensão, por apresentarem vínculo empregatício.

Por outro lado, os alunos que estudam em tempo integral (manhã e tarde), sentem-se prejudicados por não poderem conciliar a vida acadêmica com a vida profissional por passarem o dia inteiro na universidade. No entanto, essa condição apesar de obrigar os alunos a passarem o dia inteiro na IES, teoricamente, coloca esses alunos em vantagem em relação aos que estudam a noite, já que a maioria opta por estudar no horário noturno para poder trabalhar durante o dia. Sendo assim, pressupõe-se que os alunos que estudam em tempo

integral acabam tendo um melhor desempenho acadêmico que os demais, conforme defendido por Maranhão e Veras (2017).

Na UFPE a graduação também ocorre em horário integral. Dos 13 PPC analisados, apenas a POLI/UPE oferece o curso de Engenharia Civil a noite e no horário vespertino. O Gráfico 4 apresenta os respectivos períodos de oferecimento dos cursos de Engenharia Civil das 13 IES analisadas.

Gráfico 4 - Horário dos cursos de Engenharia Civil.



Fonte: Autora a partir dos PPC e *sites* das IES (2023).

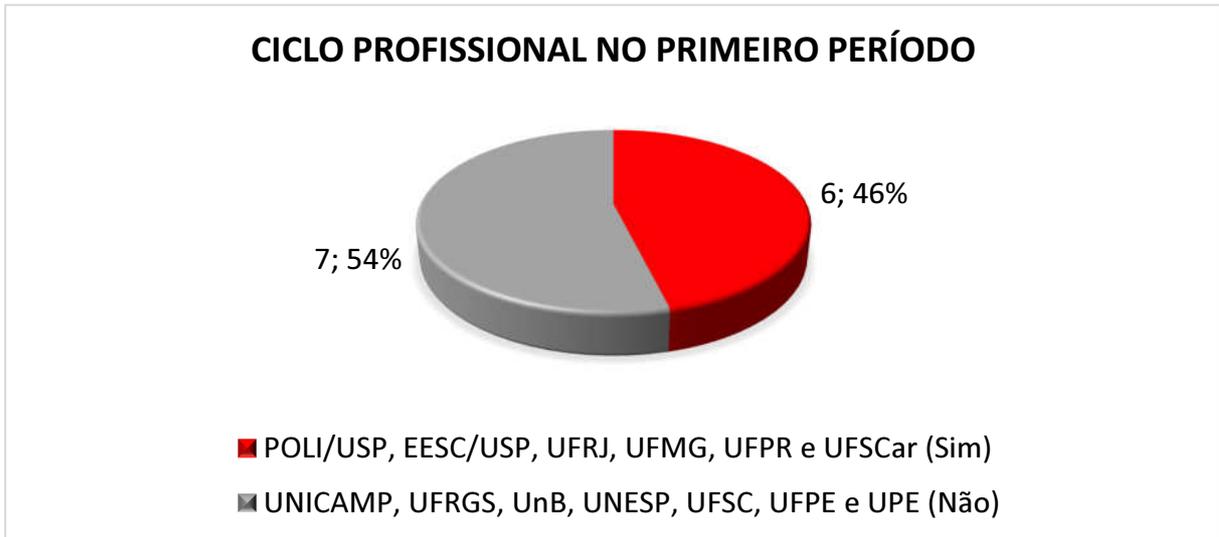
A pesquisa de Maranhão e Veras (2017), também aponta que o tempo de estudo extrassala dos alunos da noite é menor do que os estudantes de tempo integral e diurno. Sendo assim, com base nessas informações acredita-se que o fator horário pode ser um diferencial a ser observado não só pela POLI/UPE, mas por qualquer instituição que deseje obter melhores resultados de desempenho. Sugere-se para esse fator uma duração maior para os cursos noturnos, como uma forma de equalizar essa formação acadêmica.

4.1.1.2 *Disciplina do ciclo profissional no primeiro período do curso*

Um outro diferencial observado consiste na introdução de disciplinas do ciclo profissional logo no primeiro semestre, cujo objetivo é motivar os estudos e contextualizar os temas abordados nas disciplinas básicas, como é o caso da POLI/USP. Essa ação aliada a melhoria no processo de ensino-aprendizado, contribui na minimização da evasão escolar nos cursos de Engenharia Civil, aproximando-se das recomendações da Resolução CNE/CP que

fala sobre as estratégias educacionais que favorecem a contextualização e a interdisciplinaridade (BRASIL, 2021). O Gráfico 5 apresenta as instituições que tem disciplinas do ciclo profissional a partir do primeiro período do curso.

Gráfico 5 - Disciplinas do ciclo profissional a partir do primeiro período.



Fonte: Autora a partir dos PPC e *sites* das IES (2023).

A introdução de disciplinas do ciclo profissional a partir do primeiro período, também é adotado pela EESC/USP, UFMG, UFRJ, UFPR e UFSCar. Com essa verticalização do currículo é possível maior permeabilidade entre as disciplinas do ciclo básico e profissional. Como resultado se espera menor evasão escolar e maior percepção da necessidade das ciências básicas na formação do discente, segundo as IES analisadas.

Importante destacar que, a disciplina apontada como do ciclo profissionalizante no primeiro período do curso, trata-se de Introdução à Engenharia Civil. Só que todas as IES dispõe da mesma disciplina no primeiro período, mas umas a classificam como do ciclo básico e outras do ciclo profissional. A diferença está na forma como a disciplina é abordada. Enquanto do ciclo básico a abordagem é praticamente teórica, enquanto do ciclo profissional os alunos trabalham em grupo e precisam desenvolver um projeto para ser avaliado. Inclusive esta disciplina na POLI/USP possui 2 créditos-aula e 1 crédito-trabalho.

A proposta geral dessa disciplina na POLI/USP consiste em abordar uma temática geral e multidisciplinar que muda a cada semestre. A dinâmica de aula envolve grupos fixos de alunos que desenvolvem um projeto orientado pelo professor da turma. As atividades desenvolvidas durante o período incluem aulas teóricas sobre os conceitos básicos de projeto,

apresentações orais e visitas técnicas. A avaliação dos alunos poderá ser executada em até quatro eventos como descrito na ementa da disciplina, disponibilizado no *link* que se encontra no Quadro 10 de documentos analisados. A avaliação é composta das notas individuais e em grupo. Inclusive a visita técnica é obrigatória para todos os alunos. Uma outra coisa que chama a atenção é o grau de detalhamento e organização nas nove páginas da ementa desta disciplina de Introdução à Engenharia da POLI/USP.

A seguir são apresentados os vários percursos formativos oferecidos pela POLI/USP e por outras instituições de ensino. A partir da leitura dos projetos pedagógicos, nota-se que essa flexibilização curricular tende a atrair mais estudantes e melhorar a formação desses profissionais, já que a opção de escolher, desde cedo, um caminho dentro da Engenharia Civil pode ser um fator determinante na satisfação pessoal do aluno, uma vez que irá se dedicar ao que mais se identifica e gosta. Sendo assim, a tendência é que cada vez mais os egressos entrem no mercado mais capacitados e especializados em determinada área, o que é uma necessidade da Sociedade 5.0.

4.1.1.3 Flexibilização curricular e os percursos formativos

A literatura consultada mostrou a flexibilização curricular como a grande saída para uma formação mais especializada, necessária a indústria da quinta revolução. O curso de Engenharia Civil das unidades da USP apresentam muitas disciplinas optativas livres. A flexibilização dos percursos formativos dos alunos nas suas diferentes habilitações ou ênfases, dentro das universidades cujo PPC foram analisados, foi o grande diferencial encontrado em relação ao curso de bacharel em Engenharia Civil, principalmente o da POLI/USP. A escolha por um módulo integrado por disciplinas como uma formação profissional especializada em determinada área, com direito a certificado ao final do curso de graduação, desde que cumpra os créditos exigidos, possibilitando o direcionamento profissional do estudante dentro da graduação, apresenta-se como uma das possibilidades de melhorar a formação dos engenheiros civis.

Nos PPC da Universidade de São Paulo de 2018 e 2021, evidencia-se os esforços da universidade em acompanhar as demandas atuais da sociedade em consonância com as DCN, bem como em formar profissionais éticos, que respeitem à vida e à sustentabilidade do planeta. A busca em adequar a formação dos seus alunos aos padrões de ensino-aprendizagem das IES internacionais, é um dos motivos que faz da USP a melhor instituição de ensino do

país e a terceira melhor da América Latina segundo os ranqueamentos de universidades apresentados nesta pesquisa. De todas IES nacionais analisadas, as duas unidades da USP que apresentam o maior número de possibilidades de percursos formativos, inclusive é a POLI/USP, a única a oferecer o pré-mestrado, como uma forma de incentivar a carreira na área de pesquisa, que será melhor detalhado adiante, na parte do Programa de Pré-Mestrado em Ciência e Tecnologia da Engenharia Civil (PPMEC).

A POLI/USP oferece aos seus alunos sete módulos de especialização no quinto ano ideal, ou seja, no 9º e no 10º período, desenvolvidos pelos quatro departamentos do curso de Engenharia Civil (construção civil, estruturas, hidráulica-ambiental e transportes), conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Percurso formativo dos módulos de especialização da POLI/USP.



Fonte: Autora com base no PPC da POLI/USP (2018).

A unidade EESC/USP também adota o Certificado de Estudos Especiais (CEE) que corresponde aos módulos de especialização da POLI/USP. Os alunos interessados em adquirir o CEE deverá obter pelo menos 16 créditos-aula, conforme descrito na Figura 10, Figura 11 e Figura 12.

Figura 10 - Conjunto de disciplinas optativas livres do CEE em Geotecnia e Meio Ambiente.

CERTIFICADO DE ESTUDOS ESPECIAIS EM GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE			
Período	Código	Disciplina	Créditos-aula
3º	SGS0602	Introdução à Geotecnia	2
4º	SHS0601	Qualidade da Água	2
5º	SGS0619	Introdução à Eng. Ambiental	2
7º	SGS0620	Mitigação e Recuperação de Áreas Degradadas	2
7º	SHS0615	Tópicos em Obras Hidráulicas	2
7º	SHS0624	Modelagem Computacional em Hídrica e Recursos Hídricos	2
8º	SHS0384	Sistemas de Avaliação de Impacto e Licenciamento Ambiental ^{a,b}	4
8º	SGS0605	Reforço de Solos	2
8º	SHS0388	Macroinvertebrados Aquáticos como Bioindicadores da Qualidade da Água ^b	2
9º	SHS0333	Concepção e Projeto de Sistemas de Tratamento de Água ^{a,b}	4
9º	SHS0379	Drenagem Urbana Sustentável e Controle de Enchentes	2
9º	SHS0336	Projeto de Sistemas de Tratamentos de Águas Residuárias ^{a,b}	4
9º	SGS0306	Geossintéticos em Obras de Proteção e Recuperação Ambiental ^b	4
9º	SHS0365	Monitoramento Ambiental – Estudo de Caso ^{a,b}	4
9º	SHS0386	Avaliação Ambiental Estratégica ^{a,b}	3
TOTAL			41
^a 5 vagas – campus 2 ^b Disciplinas ministradas para a Eng. Ambiental e Eng. Civil concomitantemente			
Para obtenção do Certificado o(a) aluno(a) deverá obter aprovação em pelo menos 16 créditos-aula das disciplinas mencionadas nessa tabela.			

Fonte: PPC (EESC/USP, 2021).

Figura 11 - Conjunto de disciplinas optativas do CEE em Engenharia de Estruturas.

CERTIFICADO DE ESTUDOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS			
Período	Código	Disciplina	Créditos-aula
4º	SET0614	Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira	2
5º	SET0600	Complementos de Resistência dos Materiais	2
5º	SET0601	Introdução ao Método dos Elementos Finitos	2
5º	SET0628	Tecnologia do Concreto Industrial	2
6º	SET0620	Elementos de Acústica Ambiental	2
6º	SET0625	Desenvolvimento de Softwares de Análise Estrutural para Engenharia	4
6º	SET0629	Patologia e Recuperação das Estruturas de Concreto	2
7º	SET0621	Elementos de Acústica Industrial	2
7º	SET0630	Cascas de Revolução: Casca Cilíndrica Circular	2
8º	SET0605	Estruturas de Concreto C	2
8º	SET0606	Alvenaria Estrutural	2
8º	SET0610	Análise Experimental de Estruturas	2
8º	SET0613	Formas e Cimbramentos de Madeira	2
8º	SET0618	Estruturas de Aço em Perfis Formados a Frio	2
8º	SET0631	Cascas de Revolução: Casca Esférica	2
9º	SET0607	Estruturas de Concreto D	2
9º	SET0608	Estruturas Pré-moldadas de Concreto	2
9º	SET0615	Telhados de Madeira	2
9º	SET0617	Pontes de Madeira	2
9º	SET0622	Pontes Metálicas	2
9º	SET0624	Tópicos Complementares de Projeto em Estruturas Metálicas	3
TOTAL			45
Para obtenção do Certificado o(a) aluno(a) deverá obter aprovação em pelo menos 16 créditos-aula das disciplinas mencionadas nessa tabela.			

Fonte: PPC (EESC/USP, 2021).

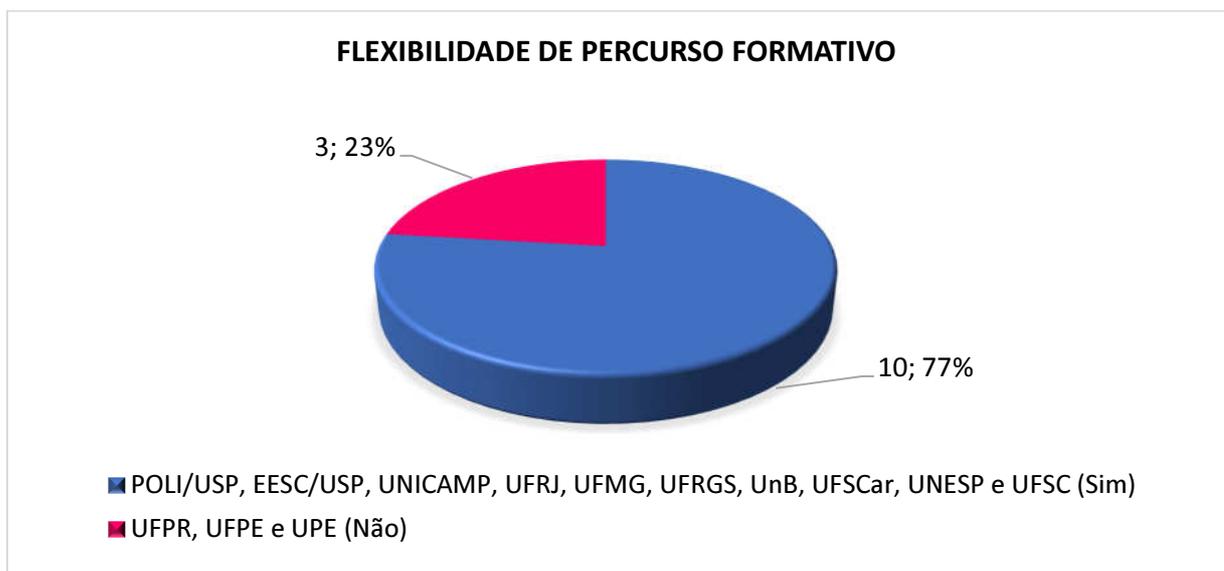
Figura 12 - Conjunto de disciplinas optativas livres do CEE em Engenharia de Transportes.

CERTIFICADO DE ESTUDOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES			
Período	Código	Disciplina	Créditos-aula
3º	STT0625	Introdução à Engenharia de Transportes	2
3º	STT0630	Ferramentas Computacionais Aplicadas à Engenharia Civil	2
4º	STT0618	Transporte Aéreo	2
5º	STT0610	Logística e Transportes	2
5º	STT0616	Geomática Aplicada I	3
6º	STT0614	Geomática Aplicada II	3
6º	STT0619	Logística Reversa	2
6º	STT0626	Pesquisa Operacional para Sistemas Logísticos e Eng. de Transportes	2
6º	STT0628	Engenharia de Tráfego e Simulação de Tráfego Rodoviário	4
7º	STT0604	Transporte Público Urbano	2
7º	STT0609	Conservação de Rodovias	2
7º	STT0612	Ensaio e Controle de Obras em Pavimentação - Solos	2
7º	STT0620	Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à Eng. de Transportes	3
7º	STT0622	Análise de Tensões e Deformações em Pavimentos	2
7º	STT0623	Avaliação de Projetos de Transportes	2
7º	STT0629	Tópicos Avançados em Geomática	3
8º	STT0601	Interseções Rodoviárias	2
8º	STT0605	Transporte Ferroviário	2
8º	STT0611	Complementos e Projetos Geométricos de Rodovias	2
8º	STT0613	Ensaio e Controle de Obras em Pavimentação - Agregados	2
8º	STT0621	Drenagem de Vias Terrestres	2
TOTAL			48
Para obtenção do Certificado o(a) aluno(a) deverá obter aprovação em pelo menos 16 créditos-aula das disciplinas mencionadas nessa tabela.			

Fonte: PPC (EESC/USP, 2021).

Segundo descrito no PPC da EESC/USP, é possível um aluno obter mais de um certificado CEE durante o curso de graduação em Engenharia Civil. O Gráfico 6 mostra as IES que dispõem de módulos de especialização dentro dos cursos de Engenharia Civil.

Gráfico 6 - Flexibilização de módulos de especialização nos cursos de Engenharia Civil.



Fonte: Autora a partir dos PPC e *sites* das IES (2023).

A UNICAMP também oferece aos alunos de graduação o certificado de estudos. Para conseguir o certificado de estudos necessita-se cumprir um número de disciplinas específicas. Cada grupo dos cinco certificados é composto por matérias pertinentes a cada tema, entre obrigatórias e optativas, cujo aluno deverá cumprir no mínimo 12 créditos para receber o certificado daquele grupo, que pode ser:

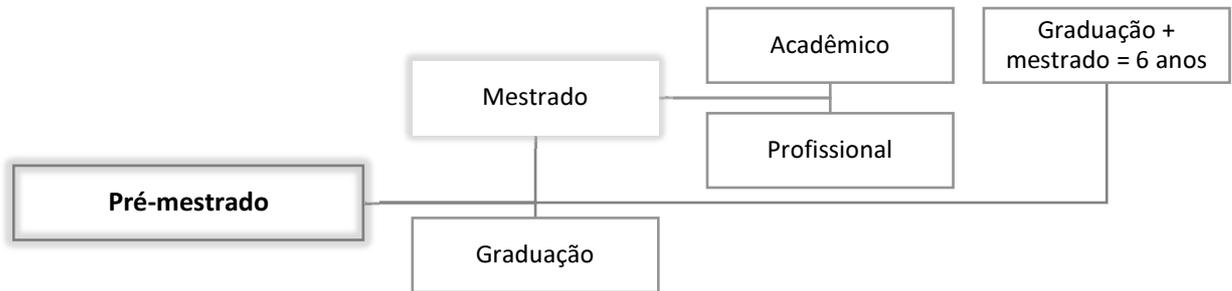
- ✓ Certificado em Estudos em Planejamento Energético;
- ✓ Certificado de Estudos em Obras Hidráulicas, Fluviais e Marítimas;
- ✓ Certificado de Estudos em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais;
- ✓ Certificado de Estudos em Saneamento e Ambiente;
- ✓ Certificado de Estudos em Gestão do Projeto e da Construção.

Enfim, essas especializações com direito a certificação só reforçam o direcionamento do ensino da Engenharia Civil para uma formação profissional mais especializada, conforme defendida por Barreto, Amaral e Pereira (2017) e pelo atual mercado da Indústria 5.0.

Além da profissionalização especializada, o curso de Engenharia Civil da POLI/USP também oferece o **Programa de Pré-Mestrado em Ciência e Tecnologia da Engenharia Civil (PPMEC)**. O objetivo do programa consiste em formar engenheiros civis com aptidão para as atividades de pesquisa científica (teórica ou aplicada) e para adentrar nos programas de pós-graduação *stricto-sensu* em Engenharia Civil da POLI/USP. O PPMEC deverá ser realizado no 9º e 10º semestres ideias dos cursos de graduação em Engenharia Civil, do mestrado acadêmico ou profissional. As disciplinas cursadas no PPMEC são da pós-graduação e os créditos são contabilizados na graduação e posteriormente na obtenção do título de mestre. A vantagem para o aluno é imensa, já que em 6 anos o aluno poderá obter o título de bacharel e mestre em Engenharia Civil.

Necessário destacar que a validade dos créditos do PPMEC para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) é de até 36 meses após a obtenção dos mesmos, conforme o regimento de pós-graduação da USP. E o fato de o aluno ter sido aprovado no PPMEC não garante o ingresso no programa de pós-graduação *stricto-sensu*, o discente deverá se submeter ao processo regular de ingresso no mestrado do PPGEC, na mesma área de concentração a que esteve vinculado durante o pré-mestrado. A Figura 13 ilustra o percurso formativo do pré-mestrado.

Figura 13 - Percurso formativo do pré-mestrado.



Fonte: Autora com base no PPC da POLI/USP (2018).

Um outro diferencial que as duas unidades da USP têm é o **Duplo Diploma em Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo**, em 7 anos. Os alunos de Engenharia Civil podem obter esse duplo diploma, realizando os estudos da seguinte forma: os três primeiros anos ideais no curso de Engenharia Civil, os dois anos seguintes no curso de Arquitetura e Urbanismo, e para finalizar, os últimos dois anos no curso de Engenharia Civil, conforme apresentado na Figura 14, percurso para obtenção do duplo diploma em Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Lembrando que ao aluno de Engenharia Civil será garantido o diploma de Engenheiro Civil e o certificado de Arquitetura e Urbanismo, enquanto aos alunos de Arquitetura e Urbanismo o diploma de arquiteto e o certificado de Engenharia Civil. A unidade EESC/USP, também adota a dupla formação em Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo.

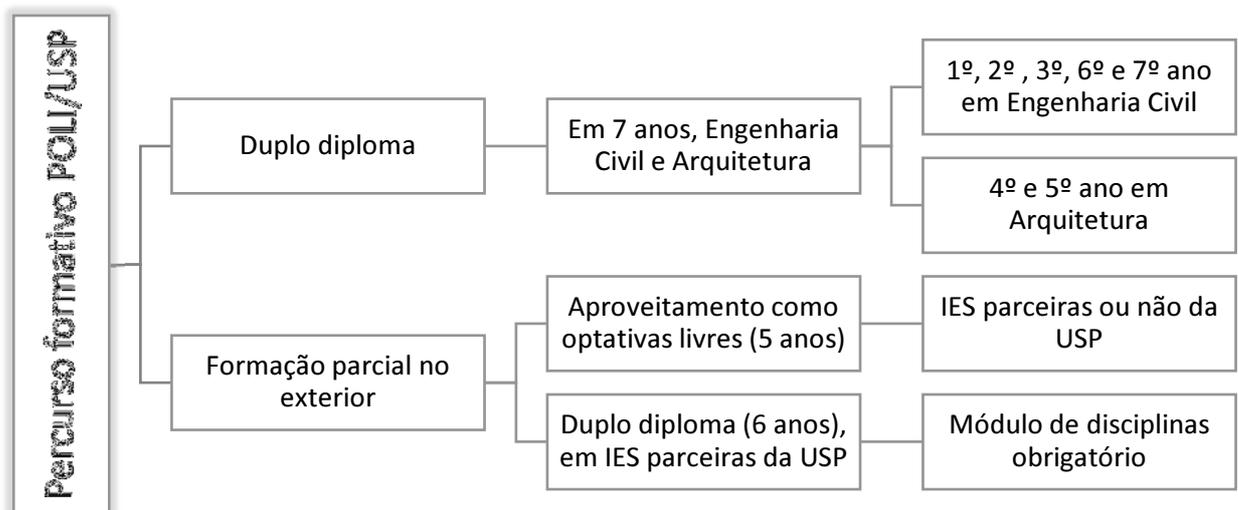
Figura 14 - Percurso para obtenção do duplo diploma na POLI/USP.



Fonte: Autora com base no PPC da POLI/USP (2018).

A POLI/USP ainda oferece três programas de intercâmbio internacionais: Intercâmbio Aberto, Aproveitamento de Estudos e Duplo Diploma. No **Intercâmbio Aberto**, a IES escolhida pelo aluno não precisa ser parceira da POLI/USP, diferentemente do **Aproveitamento de Estudos**, que são instituições parceiras da Escola Politécnica da USP ou da Universidade de São Paulo. Em ambos os casos, as disciplinas cursadas e que o aluno obtiver aprovação, são aproveitadas como optativas livres, após pedido do aluno e aprovação da coordenação do curso de Engenharia Civil. Já o **Duplo Diploma**, corresponde a formação parcial no exterior, a partir do aproveitamento dos créditos de um módulo de disciplinas, oferecido por uma instituição estrangeira parceira da POLI/USP. A Figura 15 mostra de forma esquemática o percurso formativo do curso de Engenharia Civil da POLI/USP.

Figura 15 – Flexibilização do percurso formativo de Engenharia Civil na POLI/USP.



Fonte: Autora com base no PPC da POLI/USP (2018).

Diante desse contexto dos programas de intercâmbio vale reforçar que, Valdes-Vasquez *et al.* (2018), afirmam que os alunos dos cursos de graduação em Engenharia Civil que participam desse tipo de programa, desenvolvem habilidades profissionais necessárias para trabalhar em equipes transnacionais, principalmente, enfrentar as dificuldades de comunicação e adaptabilidade cultural. Nesse sentido, os programas de intercâmbio vem contribuir na formação desses profissionais e atender as exigências dessa Sociedade 5.0 cada vez mais globalizada e complexa (VALDES-VASQUEZ *et al.*, 2018).

A seguir serão apresentados os dados encontrados nos PPC que apontam metodologias mais modernas de ensino-aprendizagem, bem como os esforços em promover e estimular a

adoção de metodologias ativas em suas instituições. Nesse ponto a UFMG e a USP se destacam. Os projetos integradores também merecem especial atenção, pois incentivam a aproximação de áreas semelhantes em um contexto multidisciplinar e transversal.

4.1.1.4 Metodologia de ensino e estratégias pedagógicas

Pensando na melhor forma de preparar o Engenheiro Inovador, percebe-se que as metodologias de ensino e as estratégias pedagógicas de curso desempenham um papel fundamental nesse processo de construção do conhecimento. Pois a variedade de distrações digitais existentes, em que os jovens cada vez mais se identificam, uma aula com o formato ortodoxo se torna incompatível com os tempos atuais da globalização digital.

Nesse sentido, a Diretoria de Inovação e Metodologias Ativas (GIZ) da UFMG, busca identificar, possibilitar e aperfeiçoar as habilidades necessárias aos seus estudantes no desenvolvimento da sua autonomia na vida acadêmica. O GIZ oferece diversas oficinas, como: projeto de pesquisa, rede de aprendizagem, leitura e escrita acadêmica, apresentação de trabalhos acadêmicos, mapas conceituais, produção de vídeos, entre outros.

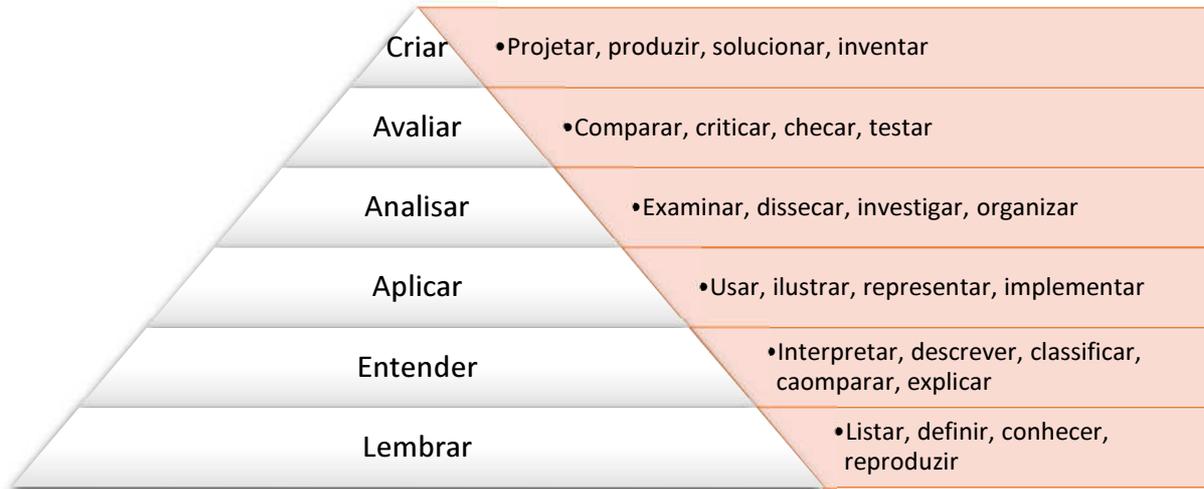
Uma grande ação coordenada pelo GIZ, da universidade UFMG, é o Congresso de Inovação e Metodologias no Ensino Superior. Esse evento objetiva promover reflexões, troca de experiências e estimular a produção e divulgação de práticas de ensino inovadoras na IES. E a Revista Docência do Ensino Superior (Qualis A4, no quadriênio 2017-2020), funciona como um espaço de troca sobre a docência no cenário das inovações em metodologias e tecnologias de ensino.

A abordagem metodológica utilizada atualmente pela UFMG busca tornar o aluno o principal agente de seu processo de aprendizagem. O PPC da UFMG de 2013, já registrava a preocupação com a redução da carga horária total em sala de aula, usando como justificativa dar mais tempo para o aluno reter o conhecimento por meio de trabalhos individuais e em grupo, iniciação científica, monitoria, prática em laboratórios, realização de estágio, busca e análise de informações.

Um outro ponto observado foi a taxonomia de *Bloom*, utilizado tanto pela UNICAMP como pelas unidades da USP, no processo de ensino e aprendizagem, que auxiliam a prática pedagógica. Essa ferramenta baseada em uma hierarquia de objetivos, estimula os educadores

a ajudarem os estudantes de maneira ordenada e consciente, a desenvolverem competências específicas. A Figura 16 mostra a estrutura dos domínios cognitivos.

Figura 16 – Estrutura da taxonomia de Bloom.



Fonte: Adaptado de Ferraz e Belhot (2010).

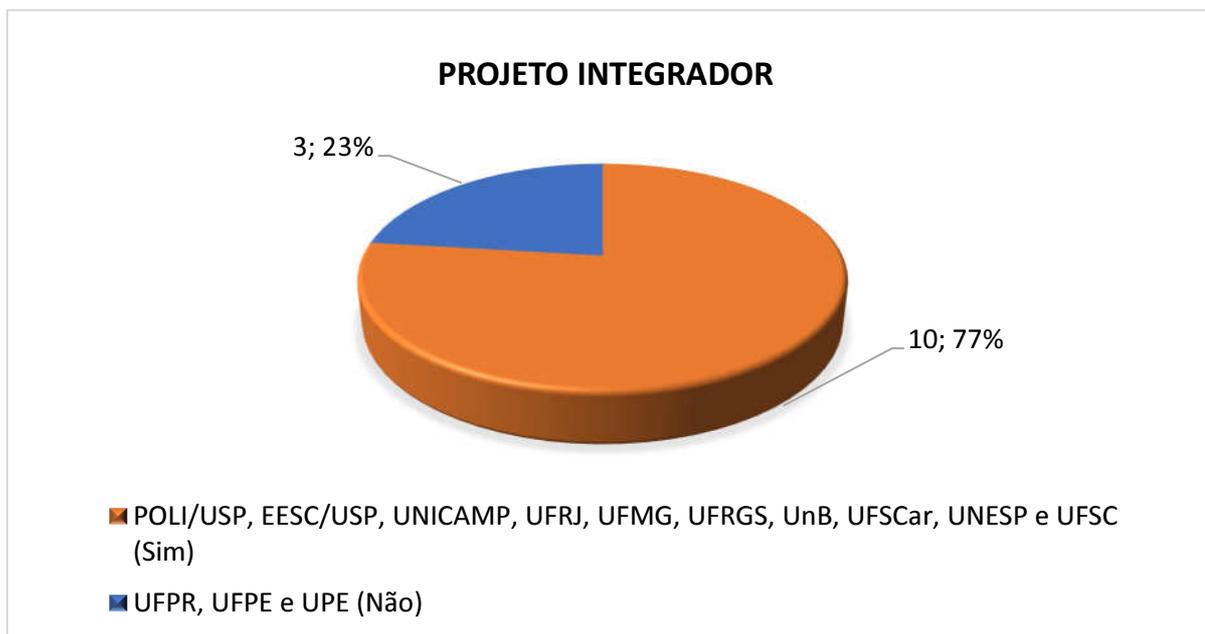
Ainda nesse campo de observações básicas dos cursos de Engenharia Civil, sobressaem-se as metodologias ativas adotadas pela UNICAMP e determinada pelas DCN, sala de aula invertida, instrução por pares, aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem baseada em equipes. A gravação das aulas também são ações que visam facilitar o aprendizado ao rever o conteúdo, principalmente os alunos que apresentam dificuldade de concentração em sala de aula.

Um dos destaques da UNICAMP são as disciplinas denominadas de Projeto Integrador, cujo objetivo é incentivar a aproximação de áreas afins, com atividades que integram os conceitos trabalhados em disciplinas isoladas no semestre e de semestres anteriores em um contexto multidisciplinar e transversal. A seguir são apresentadas as disciplinas e seus períodos de realização.

- ✓ Projeto Integrador em Aplicações em Engenharia Civil (3º período)
- ✓ Projeto Integrador em Cidades Sustentáveis (6º Período)
- ✓ Projeto Integrador em Edificações (7º período)
- ✓ Projeto Integrador em Inovação e Infraestrutura (8º período)

Estas disciplinas são obrigatórias e as situações a serem estudadas serão problematizadas em sala de aula, cujo as questões abordadas são inerentes à formação do engenheiro civil, capacidade de liderança, habilidades em comunicação, ética profissional, tomada de decisões, necessários ao exercício de um trabalho profissional competente, humanizado e determinado. A responsabilidade dessas disciplinas são por conta da coordenação em Engenharia Civil. O Gráfico 7 apresenta as universidades analisadas que utilizam Projeto Integrador em sua matriz curricular.

Gráfico 7 - Universidades analisadas que utilizam projeto integrador.



Fonte: Autora a partir dos PPC e *sites* das IES (2023).

Na UFMG o projeto integrador, denominado pela instituição como Trabalho Integralizador Multidisciplinar (TIM), aponta a possibilidade de integração horizontal e vertical das áreas de conhecimento do curso. Esses trabalhos ocorrem no 6º, 8º e 10º períodos, desde que cumpram os créditos das disciplinas anteriores ao tempo do TIM (5º, 7º e 9º períodos). A avaliação das disciplinas do TIM devem possuir uma interface com o trabalho integralizador, e real participação do professor no contexto do trabalho.

Resgatando, já foram apontados como diferencial dessas IES brasileiras: horário de curso, disciplinas do profissional no primeiro semestre, flexibilização curricular e metodologias de ensino. A seguir será apresentado a importância das atividades de ensino, pesquisa e extensão durante a graduação em Engenharia Civil, como uma forma eficaz de qualificar os novos engenheiros.

4.1.1.5 Atividades de ensino-pesquisa-extensão

A integração das atividades de ensino, pesquisa e extensão, além de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, favorece a aproximação da academia com a sociedade, permitindo expandir a visão para o mercado de trabalho e a troca de saberes e experiências que enriquecem o desenvolvimento profissional e acadêmico dos alunos (KOHLMAN RABBANI *et al.*, 2020).

Uma atividade interessante é o Internato Curricular da UFMG que busca introduzir o aluno de Engenharia Civil à realidade das populações carentes e das suas demandas passíveis de serem atendidas pela prática da engenharia. Além de atender a uma necessidade específica da sociedade, está cumprindo a prática de extensão exigida pelas DCN. Esse internato ocorre no 9º período, com trabalhos em campo durante cerca de 3 semanas que antecedem o início das aulas. E durante o restante do semestre, os alunos desenvolvem trabalhos burocráticos na IES em prosseguimento às atividades de campo (UFMG, 2013).

Uma alternativa interessante é a utilizada pela UNICAMP para atender os 10% de carga horária de extensão, consiste na distribuição das atividades de extensão, do primeiro ao oitavo período, nas componentes curriculares denominadas Tópicos Especiais em Extensão, com carga horária de 60h, correspondendo a 4 créditos, para que os alunos possam cumprir todos os créditos dentro do próprio curso de Engenharia Civil. A diferença da UNICAMP para a POLI/USP está na distribuição das disciplinas que até o oitavo período, na USP as disciplinas de extensão podem ser cumpridas em qualquer período.

Já a UFRJ (determina que os 10% de atividades de extensão que corresponde a 405 horas, poderá ser cumprida nas atividades de estágio não-obrigatório, participação em equipes de competições acadêmicas, iniciação científica, administração de empresa Junior, viagens/visitas técnicas, participação em projetos de extensão, participação/organização de eventos, atividades de intercâmbio (não computado no histórico), trabalhos comunitários, monitoria e atividade de extensão universitária.

E, as atividades curriculares extensivas da UFPR correspondem a 23 disciplinas, totalizando 255 horas, de caráter obrigatório, ficando a cargo do aluno completar os 10% (370h) de atividades de extensão do curso. A carga horária de extensão da UFSC corresponde a 432h, a UFPE e a POLI/UPE essa carga horária corresponde a 420h. Enfim, o mais

importante das atividades de ensino-pesquisa-extensão não consiste na quantidade de horas, mas na qualidade e no aproveitamento destas horas na formação dos engenheiros civis.

Conclui-se esta seção, destacando a disciplina de Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) oferecido pela POLI/UPE, que integra ensino, pesquisa e extensão, com a utilização de metodologias ativas, como uma excelente ferramenta para essa tríade de aprendizagem. No tópico 4.1.1.7, sustentabilidade, encontra-se mais informações a respeito de TAS. Sendo assim, o Internato Curricular da UFMG, a disciplina de TAS da POLI/UPE e a distribuição da carga horária de extensão dentro do curso como uma forma de facilitar para o aluno o cumprimento de crédito, sintetizam as informações mais relevantes dessa seção.

4.1.1.6 Formas de avaliação dos discentes

De nada adianta utilizar metodologias ativas na sala de aula e não avaliar o ensino-aprendizado de forma coerente e compatível com o desenvolvimento das competências estabelecidas no projeto pedagógico de curso. Tão importante quanto escolher a estratégia de aprendizagem é saber o que avaliar e como avaliar, pois a avaliação em sala de aula exerce a função de melhorar a estratégia cognitiva de ensino-aprendizagem. Nesse caso, a avaliação funciona como um termômetro para alunos e professores.

Analisando os projetos pedagógicos, a UNICAMP explica que a avaliação dos seus discentes é feita de forma diagnóstica, somativa e formativa, buscando identificar a evolução dos alunos não só dos aspectos teóricos, mas o desenvolvimento das competências e habilidades, conforme apresentado por De Oliveira, Mota e De Sousa (2022). Os processos avaliativos contam com lista de exercícios, trabalhos individuais e em grupo, apresentações de trabalhos, provas dissertativas, trabalho final de curso, entre outros.

Já o sistema de avaliação das disciplinas da USP ocorre por meio de provas e trabalhos resultante de aulas teóricas, aulas práticas, seminários, pesquisas, estágio supervisionado, trabalho em campo, excursões programadas pelo departamento e trabalhos específicos (conforme a natureza da disciplina). Já a UFMG enfatiza a importância do projeto integrador como um instrumento sistêmico de avaliação multidisciplinar.

Dentre os PPC avaliados, o que se encontra condizente com as atuais exigências da Diretrizes das Engenharias (Resolução CNE/CES n. 02/2019), Art. 13, sobre a forma de avaliar os discentes, destaca-se o da UFPE. O documento ressalta que compete ao professor a

problematização de situações que possam provocar o estudante a procurar respostas para questões que traduzam a realidade socioeconômica e político-cultural, oportunizando vivências curriculares interdisciplinares e flexíveis, objetivando o acesso amplo e inclusivo.

Ainda o PPC da UFPE defende o ensino sustentado por uma relação dialógica-problematizadora que contribua com a construção do conhecimento científico, valores e atitudes fundamentais à construção de uma sociedade mais equânime. Uma avaliação dialética entre teoria e prática, que preze pela ética e pelos direitos humanos, visando a preservação do meio ambiente e a superação das desigualdades sociais. As diretrizes para a avaliação dos discentes da UFPE, segundo a proposta do PPC, incluem:

- ✓ Avaliação como instrumento de estímulo ao aprendizado;
- ✓ Avaliação quantitativa do conhecimento técnico-científico utilizando instrumentos variados;
- ✓ Avaliação qualitativa, incluindo habilidades, atitudes, postura e cognição;
- ✓ Avaliação parciais por unidade curricular e avaliação semestral (PPC, 2022, p. 34).

Esta visão de avaliação da UFPE vai ao encontro das diretrizes das engenharias (2019), que aponta a avaliação como uma forma de reforço do aprendizado e desenvolvimento das competências, realizada de forma contínua e integrada as atividades acadêmicas; bem como, as avaliações como uma forma de expressar o aprendizado e estimular a produção intelectual dos discentes, conforme os objetivos da disciplina e o programa elaborado pelo docente.

Enfim, compreende-se que uma nova forma de ensino-aprendizado exige também uma nova forma de avaliar esse conhecimento, pois além do conhecimento técnico o professor deverá avaliar também a formação cidadã desse aluno. Essa tarefa de avaliar surge como um grande desafio no ensino da Engenharia Civil, porém é necessário. A seguir apresentam-se as questões sobre sustentabilidade encontradas nos PPC.

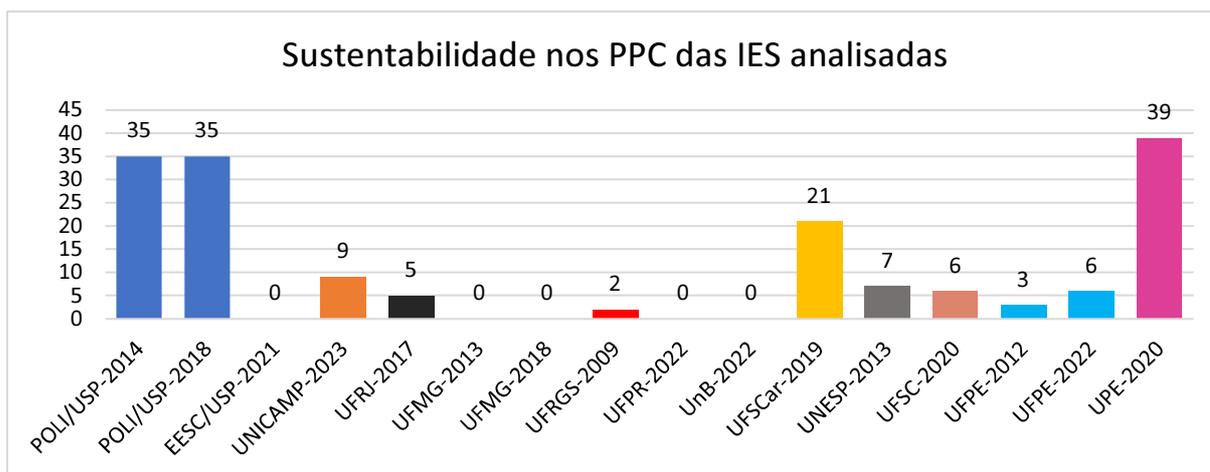
4.1.1.7 Sustentabilidade

Devido à dificuldade em saber como as questões sobre o desenvolvimento sustentável vem sendo abordado nos currículos das IES, então foi executado a busca pela palavra “sustentabilidade” nos PPC. Apesar da relevância da temática em cinco projetos pedagógicos não aparece o termo sustentabilidade. Mesmo sendo um indicador de relevância frágil, já que não existe nenhum dado estatístico, o número de palavras pode mensurar ao menos a atenção

dada a questão sustentabilidade por essas IES dentro do documento, o que não quer dizer que estas universidades não desenvolvam bons trabalhos sobre a temática.

A UFPE espera desenvolver em seus alunos a consciência de que o engenheiro civil é um agente do desenvolvimento econômico, sociocultural e ambiental. A introdução dos conhecimentos sobre sustentabilidade da UFPE, segundo escrito em seu PPC, dá-se na transversalidade das componentes curriculares e nas questões ambientais-econômicas-sociais. Embora a UFPE apresente um texto mais atualizado em relação as exigências das diretrizes curriculares, pouco se encontrar em seu PPC, de forma prática, como a sustentabilidade é abordada. No Gráfico 8, quantidade de vezes em que aparece a palavra sustentabilidade nos PPC, pode-se averiguar que os PPC UFPE-2012 e UFPE-2022, aparecem 3 e 6 vezes respectivamente.

Gráfico 8 - Quantidade de vezes que aparece a palavra Sustentabilidade nos PPC.



Fonte: Autora a partir dos PPC das IES (2023).

A palavra “sustentabilidade” não aparece em nenhum lugar dos PPC da EESC/USP, UFMG, UFPR e UnB. E a instituição em que mais aparece é a POLI/UEPE, seguida da POLI/USP. O termo sustentabilidade surge com maior frequência nos programas de componentes curriculares que abordam questões sobre o meio ambiente, principalmente as disciplinas das áreas de saneamento, recursos hídricos e gestão da construção.

A POLI/UEPE não se destaca apenas pelo maior número da palavra sustentabilidade em seu PPC, a disciplina curricular de extensão Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) apresenta uma ementa compatível e contemporânea com as exigências das diretrizes curriculares do CNE (2018), como mostra a seguir.

Habilitar os alunos de engenharia civil no entendimento dos conceitos relacionados a sustentabilidade aplicada às construções, capacitando-os a reconhecerem as consequências ambientais, sociais e econômicas advindas das atividades de construção e como podem aplicar as normas, certificações e legislações existentes para atingirem construções cada vez mais sustentáveis, sendo capazes de reconhecer princípios, diretrizes e indicadores normativos aplicáveis aos projetos de construção. Oportunizar aplicação dos conceitos estudados para leitura da realidade, proposição de melhorias, divulgação dos conhecimentos adquiridos e desenvolvimento de ações extensionistas para comunidade interna e externa (PPC-UPE, 2022, p. 273).

Apesar da importância da disciplina no atual contexto, TAS se encontra como uma disciplina eletiva de extensão do curso de Engenharia Civil. A metodologia utilizada na disciplina também chama a atenção por fazer uso das metodologias ativas. A componente curricular de TAS aborda atividades de ensino, pesquisa e extensão, ao longo do período. O sistema de avaliação dos alunos é realizado de forma contínua, conforme descrito a seguir.

- ✓ Atividade de ensino – sala de aula invertida/seminários.
- ✓ Atividade de pesquisa – atividades semanais (leitura e resumos) e desenvolvimento, execução e entrega de relatório de projeto de pesquisa ou extensão.
- ✓ Atividade de extensão – elaboração de um vídeo de curta duração (2-3 min) sobre a aplicação de um conceito de sustentabilidade à realidade local; participação no concurso de vídeo sobre sustentabilidade na construção civil e divulgado pelo YouTube; elaboração de um *podcast* que depois é disponibilizado nas plataformas de *streaming* para a sociedade externa a POLI/UPE, com temas relacionados ao desenvolvimento sustentável ambiental, econômico e/ou social.

O concurso de vídeo é organizado pelo programa de Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS), com a participação dos próprios alunos da disciplina de TAS, que contam com discentes de graduação e do mestrado acadêmico em Engenharia Civil da POLI/UPE. O concurso também tem a participação de alunos de outra turma do mestrado que utiliza a nota do vídeo do concurso como parte da avaliação na disciplina. A composição da nota final dos alunos em TAS é realizada da seguinte forma:

- ✓ Participação/leitura/atividades semanais: 25%

- ✓ Desenvolvimento de atividades de ensino/sala de aula invertida/seminários: 25%
- ✓ Desenvolvimento, execução e entrega de relatório final de atividades de extensão: 25%
- ✓ Elaboração de vídeo e participação no concurso: 25%

Semanalmente os alunos são solicitados a ler pelo menos um artigo, capítulo de livro, norma ou livro para a semana seguinte e devem estar preparados para apresentar um resumo do material estudado. TAS tem carga horária de 60h e exige dos alunos uma dedicação fora da sala de aula de no mínimo 4 horas por semana.

Diante do exposto e com base nos PPC analisados, existe um longo caminho a ser percorrido pelas universidades para que a sustentabilidade seja incorporada na formação dos bacharéis em Engenharia Civil. Sendo assim, torna-se urgente a mudança nos currículos para que as expectativas e demandas atuais, fundamentadas nos princípios da sustentabilidade e da ética, defendidas por Dias Sobrinho (2013), sejam de fato efetivadas. Por fim, o destaque dessa seção fica por conta da disciplina de TAS da POLI/UPE. Na sequência se encontra a análise sobre as questões de direitos humanos, necessário a formação do profissional-cidadão.

4.1.1.8 *Direitos humanos*

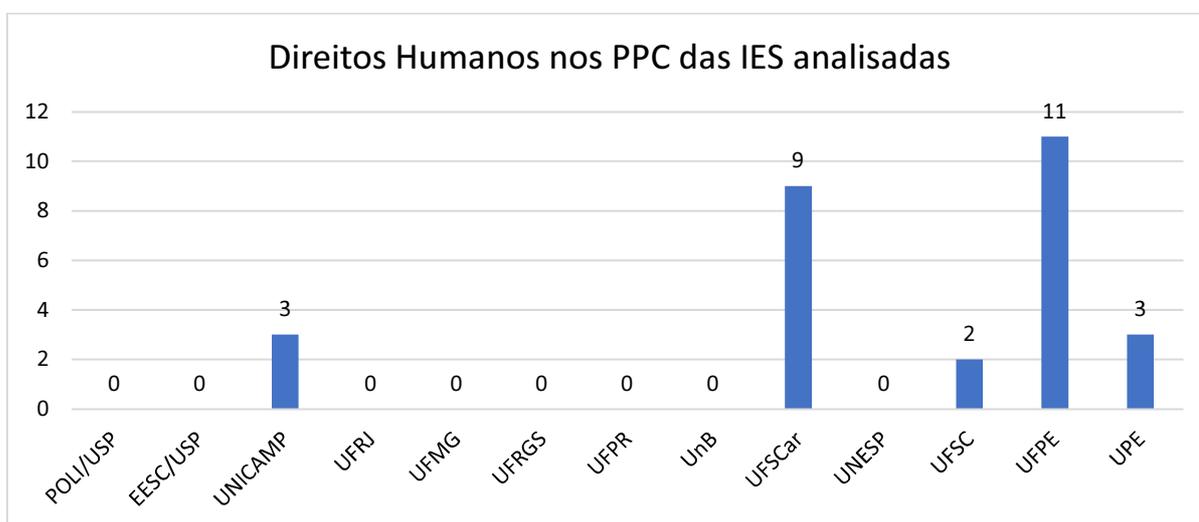
Pensando no perfil do Engenheiro Inovador e nas recomendações do CNE (2018) que destaca o exercício da comunicação e a interação interpessoal, assim como uma formação de engenheiros técnico-cidadão, faz-se necessário recorrer as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos (Parecer CNE/CP nº 8/2012 e pela Resolução CNE/CP nº 1/2012), para mostrar a importância dessa temática na capacitação dos alunos de Engenharia Civil que desejam modernizar a indústria da construção estruturada nos ODS. O documento CNE/CP nº 8/2012, diz no Art. 6º, que a educação em direitos humanos deverá ser considerada de forma transversal na construção dos projetos político-pedagógicos. Sendo assim, este documento se torna imprescindível na construção de um PPC que deseje ofertar uma educação mais humanizada e humanística.

Os autores De Mello e Andreatta-da-Costa (2021) e Gomes (2021) vêm corroborar ao defenderem uma educação humanística e humanizada como uma forma de evolução

consciente da formação técnica-cidadã, bem como ao trazerem a reflexão sobre os impactos da Engenharia Civil do ponto de vista da sustentabilidade.

Com base nessas informações foi feita a busca nos PPC com o termo “direitos humanos”. No Gráfico 9, quantidade de vezes em que o termo Direitos Humanos aparece nos PPC, é possível averiguar que apenas em cinco projetos pedagógicos das universidades analisadas foram encontrados o termo (UNICAMP, UFSCar, UFSC, UFPE e POLI/UPE). A UFPE dispõe da disciplina obrigatória Elementos de Sociologia, onde trata de forma direta sobre a temática e em outras disciplinas e atividades do curso o assunto é tratado de forma indireta.

Gráfico 9 - Quantidade de vezes em que o termo Direitos Humanos aparece nos PPC.



Fonte: Autora a partir dos PPC das IES (2023).

Com base nesses dados apontados no Gráfico 9, nota-se que assim como o tema sustentabilidade, direitos humanos, também merece uma especial atenção por parte das IES analisadas. Lembrando mais uma vez que esta análise se baseou apenas nos projetos pedagógicos de curso dessas universidades.

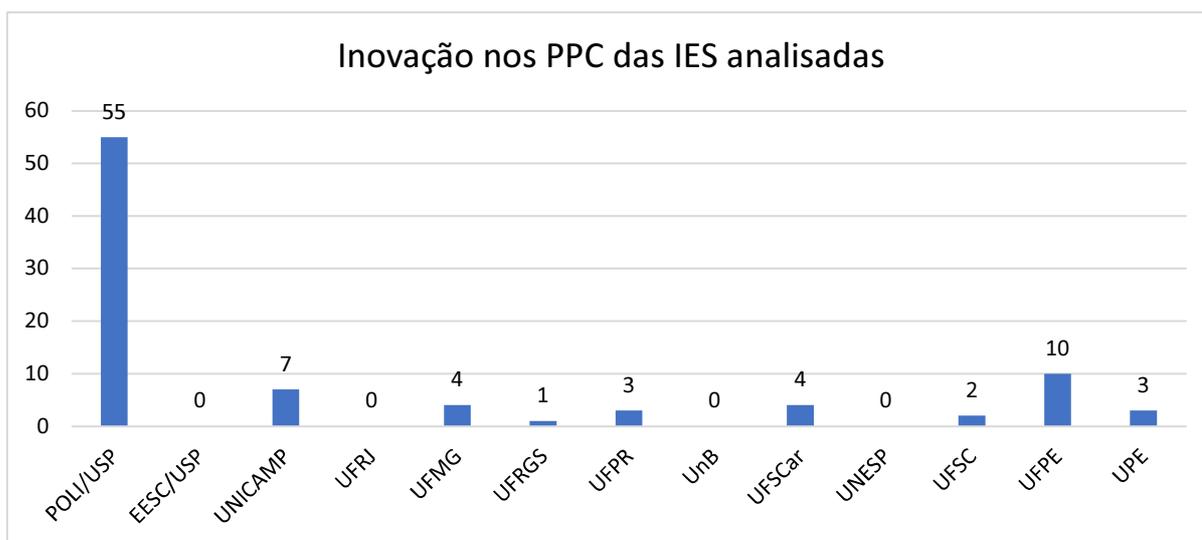
Enfim, espera-se que as ações humanas e sociais necessárias para viver bem em comunidade possam ser fomentadas nos espaços de educação, onde os valores e os princípios dos indivíduos sejam respeitados em sua diversidade com bastante empatia. Em síntese, a introdução do assunto “direitos humanos” abordado de forma direta ou indireta nas disciplinas dos cursos de graduação em engenharia civil, apresentam-se indispensáveis nessa formação.

4.1.1.9 Inovação

Visando as transformações que estão ocorrendo na indústria, identificar o melhor método de formar os engenheiros civis para acompanhar os avanços tecnológicos nessa quinta revolução industrial, também se faz necessário. Dessa forma, mais uma vez, foi utilizado a busca nos documentos agora com o termo “inovação”.

A informação mais consistente foi encontrada no PPC da POLI/USP, inclusive é a instituição de ensino que mais trouxe a palavra “inovação” na busca, seguido da UFPE, mesmo assim a diferença é muito grande. No Gráfico 10, quantidade de vezes que aparece a palavra inovação nos PPC, mostra a POLI/USP (55), UFPE (10), UNICAMP (7), UFMG e a UFSCar (4), UFPR e a POLI/UPE (3), UFSC (2), UFRGS (1), finalizando, UFRJ, UnB e a UNESP com nenhuma.

Gráfico 10 - Quantidade de vezes que aparece a palavra Inovação nos PPC.



Fonte: Autora a partir dos PPC das IES (2023).

O destaque da POLI/USP está no InovaLab@POLI que é um projeto que oferece meios para se inovar em educação em engenharia, onde projetos de engenharia podem se desenvolver em um ambiente colaborativo e em laboratórios multidisciplinares avançados, permitindo acompanhar um ciclo completo de um projeto de engenharia. Envolve 24 professores de sete departamentos da escola, quatro membros externos e 36 disciplinas. O projeto apresenta os seguintes objetivos gerais:

- ✓ Oferecer aos alunos de graduação empoderamento (*empowerment*) e acesso generalizado aos mais modernos meios tecnológicos de concepção, projeto, simulação, visualização (incluindo tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada), prototipação/produção (digital e física) e testes voltados à experimentação e à invenção.
- ✓ Oferecer aos docentes espaços de convergência para pesquisa e inovação em Educação em Engenharia, possibilitando experimentação, investigação, reflexão, discussão, aprimoramento e inovação em práticas pedagógicas.
- ✓ Desenvolver, aprimorar, valorizar, disseminar e incorporar práticas pedagógicas inovadoras em Educação em Engenharia.
- ✓ Apoiar, articular e estabelecer parcerias com os Departamentos da EP-USP, Núcleos de Apoio à Pesquisa ligados EP-USP (NAP-CITI e NAP-Inovação) e com outros grupos de pesquisa da USP e de fora da USP, com vistas à inovação em Educação em Engenharia – área Projeto de Engenharia.
- ✓ Oferecer um modelo técnico e pedagógico de referência para ampliar o programa para a escala necessária de atendimento às necessidades do ensino de graduação da Escola (PPC-POLI/USP, 2018, p. 177).

Embora o nome inovação tenha aparecido 55 vezes no PPC da POLI/USP, a maioria surgiu na parte do programa de mestrado ConstruInova que está incluso no PPC por conta do pré-mestrado. Em relação as disciplinas nenhuma apresentou a palavra “inovação” em seu programa de curso. E no projeto pedagógico da UFPE, “inovação” apareceu na ementa da disciplina de Metodologia Científica e Tecnológica (6 vezes) e as demais espalhado pelo PPC.

Como esta seção está tratando sobre inovação, um tópico relevante deve ser mencionado, trata-se da carga horária total da UFPE que é 4.065h, mas na nova proposta propõe que seja de 4.200h. Um dos motivos para esse acréscimo de carga horária seria a introdução nos perfis curriculares das tecnologias BIM, já que o uso dessa metodologia permite a integração do ciclo de vida das edificações, facilitando a tomada de decisão. O objetivo seria a introdução do BIM na graduação em Engenharia Civil, desde os primeiros períodos, mediante uma disciplina obrigatória e integrada as demais disciplinas do curso.

Ademais a UNICAMP apresenta a palavra “inovação” na disciplina Projeto Integrador em Inovação em Infraestrutura, a UFMG ao citar a Diretoria de Inovação e Metodologias Ativas (GIZ), apresentado no item 4.1.1.4, metodologias de ensino e estratégias pedagógicas. Já a UFRGS na disciplina obrigatória, do 10º período, Inovação na Construção. Enquanto a UFSCar na ementa de duas disciplinas, Racionalização Construtiva e na disciplina de Tecnologia e Sociedade, assim como apresenta a inovação técnico-científica como um dos objetivos do curso.

A UFSC também traz o termo no seu objetivo “promover e difundir a inovação tecnológica” (PPC-UFSC, 2020, p. 13). Enquanto a UFPR dispõe de atividades denominadas de Pesquisa e Inovação, que pode ser: apresentação de trabalhos em forma de pôster ou apresentação oral em evento científico ou congresso, publicação de artigo científico, publicação de patente, projeto de iniciação científica e voluntariado acadêmico. E, finalizando, a POLI/UPE mostra o termo três vezes, no perfil de egresso, na disciplina Importância da Gestão, do Desempenho e da Inovação Tecnológica na Construção e na ementa da componente curricular Formação de Empreendedores. Assim, conclui-se destacando nessa seção o laboratório InovaLab@POLI da USP, a introdução do BIM no primeiro período de Engenharia Civil proposto pela UFPE e a GIZ da UFMG, como ações inovadoras no ensino.

4.1.1.10 Resumo da análise dos PPC das IES do Brasil

Esta seção tem o objetivo de compilar os dados em forma de quadro para melhor compreensão dos resultados obtidos nessa etapa de análise dos projetos pedagógicos de curso. Mesmo a pesquisa trazendo basicamente informações qualitativas, ao reunir os dados é possível identificar quanta melhoria pode ser executada pelas universidades que desejem melhorar o seu desempenho, mudando apenas a forma de atuação dos professores e alunos dentro da universidade e a organização das componentes curriculares.

A maioria das ações diferenciadas das IES brasileiras, encontradas nos PPC, não requer propriamente recurso financeiro para implementação, mas mudança de atitude do corpo docente e da gestão institucional. Por exemplo, adoção de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, disciplina de Introdução a Engenharia como componente curricular do ciclo profissional, adoção de projetos integradores, flexibilização curricular (como a especialização e o pré-mestrado), temáticas trabalhadas de forma transversal nas disciplinas (como sustentabilidade, direitos humanos e inovação ligada a indústria), maior número de atividades/componentes curriculares de ensino-pesquisa-extensão (como a disciplina de TAS), e por fim, avaliação diagnóstica, formativa e somativa, como um termômetro para professores e alunos. O Quadro 17 apresenta os principais critérios e indicadores de qualidade dos cursos de Engenharia Civil encontrados nos PPC analisados.

Quadro 17 - Resumo dos critérios e indicadores de avaliação das IES nacionais.

Critérios de avaliação	Indicadores de avaliação
1 Horário do curso	- Curso em horário integral ou diurno (92% dos cursos)
2 Disciplina do ciclo profissional no primeiro período do curso	- Introdução a Engenharia desenvolvida como atividade de ensino, pesquisa e extensão, com elaboração de projeto (46% dos cursos adotam)
3 Flexibilização curricular	77% dos cursos apresentam
Percurso formativo	- Módulo de especialização com direito a certificado - Pré-mestrado (graduação e mestrado em 6 anos) - Duplo diploma (Engenharia Civil + Arquitetura e Urbanismo em 7 anos) - Duplo diploma (intercâmbio internacional em 6 anos)
4 Metodologias de ensino e estratégias pedagógicas	- Metodologia ativas - 77% dos cursos trabalham com projetos integradores
5 Atividades de ensino-pesquisa-extensão	- Internato Curricular da UFMG - TAS da POLI/UPE - Horas de extensão dentro da carga horária do curso
6 Formas de avaliação dos discentes	- Diagnóstica, formativa e somativa - Projeto integrador - Avaliação como uma forma de estimular o aprendizado, mais do que medir
7 Sustentabilidade	- TAS da POLI/UPE - Transversalidade do tema dentro das disciplinas - 69,23% das IES, ou seja, 9 instituições das 13 trazem a palavra sustentabilidade em seus PPC
8 Direitos humanos	- Disciplina obrigatória - E tratado de forma transversal nas disciplinas - Apenas 38,46%, apesar da importância
9 Inovação	- Laboratório InovaLab@POLI da POLI/USP - BIM no primeiro período da UFPE - Diretoria de Inovação e Metodologias Ativas (GIZ) da UFMG

Fonte: Autora a partir dos PPC das IES (2023).

Observa-se que os componentes de avaliação dos ranqueamentos de universidades utilizados pela QS, THE, ARWU e o RUF, não foram levados em consideração nessa avaliação dos projetos pedagógicos das universidades brasileiras. Indicadores como reputação acadêmica, proporção corpo docente por estudante, número de publicações e citações científicas, premiação e outros, nada disso foi mencionado pelo fato de não ter essas informações nos PPC. No entanto, os ranqueamentos universitários se somam a esta análise uma vez que avaliam outros critérios de qualidade das IES.

4.1.2 *Crêterios de qualidade das IES internacionais*

De posse das informa es das IES nacionais, na sequência apresenta-se os dados colhidos nos *sites* das universidades apontadas como as melhores do mundo. O objetivo   identificar os elementos que fazem dessas institui es referências no mercado mundial de educa o. Foram selecionados para esse estudo apenas três IES, Instituto de Tecnologia da Califórnia e o Instituto de Tecnologia de Massachussets, ambas dos EUA, e a Universidade de Oxford, do Reino Unido. Como essas IES apresentam realidades e estruturas muito diferentes do Brasil, devido a diferença de cultura e aos altos investimentos financeiros, as três universidades escolhidas foram o suficiente para essa diferencia o.

4.1.2.1 *Instituto de Tecnologia da Califórnia – Caltech*

Ao analisar os *sites* das IES internacionais, verifica-se uma distância grande dessas universidades em rela o as do Brasil, a começar pelo tempo de dura o do curso que   de quatro anos, que os alunos estudam a disciplina de biologia no ciclo básico e que tem mais disciplinas da área de humanas do que da área de exatas ao longo de sua forma o em engenharia. E que uma disciplina, por exemplo, de 9 unidades, indica que o estudante irá ter em média 3h/aula e 6h de estudos individuais por semana, o que ressalta o protagonismo dos estudantes.

O  ndice de alunos de gradua o participando de pesquisas durante a sua passagem pela universidade também   um outro diferencial dessas institui es. O Caltech por exemplo afirma que o número de discentes envolvidos com pesquisa na gradua o atinge cerca de 90%, isso já justifica o alto número de publica es científicas. O Caltech também oferece aos seus alunos da gradua o a oportunidade de desenvolver um projeto de pesquisa individual, sob a orienta o de um mentor, que na maioria das vezes faz parte da comunidade de pesquisa da própria institui o, em um período de 10 semanas no verão. Ao final os alunos apresentam um relatório escrito apresentando o projeto, métodos e os resultados do seu trabalho. A inicia o científica também   bastante estimulada pela Caltech e o curso de gradua o   oferecido em horário integral.

A universidade também dispõe de várias parcerias com outras IES, possibilitando o duplo diploma aos estudantes. E devido ao desempenho do seu corpo docente na área de pesquisa, existe um alto investimento em financiamento, cerca de U\$ 400 milhões em pr mios

anualmente, principalmente de patrocinadores como a National Aeronautics Space Administration (NASA) e a National Science Foundation (NSF). O Caltech detém o maior número de patentes por membro do corpo docente dos Estados Unidos. E a relação aluno-professor é de 3:1, enquanto no Brasil a média, segundo o Censo da Educação Superior de 2009, é de 17,4:1. Nas universidades públicas o número é 12,39:1 e nas universidades particulares o número sobe para 20:1.

A biblioteca do Caltech mantém enorme coleção de pesquisas, uma vasta variedade de espaços de estudo, plataforma de conhecimento de última geração e um programa de instrução e divulgação de conteúdo direcionado ao usuário. A biblioteca funciona todos os dias, até tarde da noite. Também existe uma biblioteca que empresta dispositivos eletrônicos e dispõe de serviços de impressão 3D. Dentro dos dispositivos disponíveis estão inclusos impressora 3D, *iPads*, *laptops*, *kindles* (leitores de livro digital) e *kits* eletrônicos.

O Caltech também destaca as suas instalações como de alta qualidade. O documento enaltece os 39 prêmios Nobel e 1 medalha Fields dos alunos e professores. Um outro destaque do Caltech está no Centro de Atividades Estudantis, o complexo oferece espaço para diversos tipos de necessidades de estudo em grupo para os alunos, inclusive sala de exibição de filmes, e tudo funciona 24h. Cada aluno passa a ter um mentor logo no primeiro ano da graduação e vai até a formatura, cujo objetivo do orientador é direcionar o aluno para a indústria ou para a pós-graduação.

O código de honra “Nenhum membro deve tirar vantagem de qualquer outro membro da comunidade Caltech”, princípio fundamental de conduta para todos os alunos, seja nas atividades escolares ou extracurriculares, destaca-se no documento, corroborando com os apelos dos Direitos Humanos. A instituição conta com modalidades esportivas, artes cênicas e visuais, clubes estudantis, centro de inclusão e diversidade, sala para meditação, refeições especiais (para quem tem restrição alimentar), controle de saúde desde que entra na instituição (exigindo exames médicos para admissão), e o mais importante, a instituição cria planos individualizados de estudo para alunos com problema como depressão. Aconselhamento e desenvolvimento de carreira, como *coaching*, mentoria e educação, para cada estágio.

O Caltech utiliza a Taxonomia de Bloom, Taxonomia de Marzano e Ferramentas Construtoras de Objetivos de Aprendizagem, para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. A utilização do aprendizado ativo, divide-se conforme descrito a seguir.

Turmas maiores

- ✓ Perguntas de enquete em sala de aula – os alunos respondem a uma enquete a fim de saber o grau de conhecimento sobre o assunto, considerando que os alunos discutam o assunto e troquem ideia entre os colegas. Só depois o professor diz a resposta e voltam a discussão.
- ✓ Papel minuto – os alunos passam um minuto escrevendo sobre o que sabem ou que foi difícil para ele. Um forma de obter *feedback* e melhorar as próximas aulas.
- ✓ *Think-pair-share* (pense-par-compartilhe) – consiste em três etapas, na primeira o aluno pensa e/ou escreve sobre o assunto. Em seguida discute com um colega (formam duplas), e para finalizar a dupla compartilha com a classe.
- ✓ Involucro de fim de aula/bilhete de saída – nos últimos minutos de uma sessão de aula, os alunos escrevem algumas coisas que aprenderam sobre o assunto e o que ficou confuso para eles. Mais um *feedback* para melhorar as próximas aulas.
- ✓ Reflexão pós-exame – os alunos refletem como estudaram para o exame (pode ser formulário pronto com múltiplas escolhas ou de forma livre), em seguida avaliam como foi o seu desempenho e como podem melhorar da próxima vez.

Turmas menores

- ✓ Aluno líder de discussão – os alunos escrevem perguntas para discussão com base na leitura em sala de aula, em seguida formam pequenos grupos para debater as perguntas. O líder do grupo cuida do tempo, anota as respostas e apresenta depois para a classe.
- ✓ Debate com toda a classe – divide a sala em tópicos de um mesmo assunto, cujo a classe precisa saber o conteúdo de antemão, onde o professor executa o papel de moderador na discussão.
- ✓ Método quebra-cabeça – os alunos são divididos em grupo e cada membro fica responsável por aprender uma parte do assunto. Na sequência, os estudantes formam novos grupos, agora todos do mesmo assunto que se juntam “grupos especialistas”, que formularão questões do que aprenderam. Em seguida, os

grupos voltam a formação original e compartilham o que aprenderam. Para finalizar, faz-se uma avaliação individual utilizando as questões que elaboraram nos grupos de especialistas.

O Caltech, em uma de suas páginas do *site*, Centro de Ensino, Aprendizagem e Extensão, apresenta todas as diretrizes utilizadas pela instituição de forma extremamente detalhada. Nessa parte da plataforma se encontram todos os aspectos de planejamento do ensino, as abas disponíveis são: projeto de curso e programa de estudo, aprendizado ativo, avaliação da aprendizagem do aluno, ensino inclusivo, apoio aos alunos que faltam o curso devido a doença, recursos de tela – Canvas, declaração e portfólios de ensino, livros e artigos, prêmios de ensino, ensinar com tecnologia, fundo de inovação em educação e institutos nacionais de ensino. As informações contidas são importantes tanto para os que desejam entrar como alunos, como para os professores. Importante ressaltar que essas orientações são da universidade como um todo e não só da área de engenharia.

No Anexo D, Como você pode incorporar a aprendizagem ativa na sala de aula, é possível averiguar outras técnicas de aprendizagem ativa sugerida pelo Caltech. Enfim, todas essas ações do Caltech só corroboram com todas as questões trazidas no referencial teórico, da importância da formação humanística (por meio da oferta de inúmeras disciplinas da área de humanidades, artes e ciências sociais) e da utilização das metodologias ativas para que aluno se torne protagonista no seu processo de aprendizagem. Reforça também os critérios de qualidade identificados nos PPC das universidades brasileiras, dos quais destacou a flexibilização curricular e os variados percursos formativos, horário do curso, as atividades de ensino-pesquisa-extensão de forma efetiva, a forma de avaliação, a preocupação com a sustentabilidade (inclusive, oferecendo especialização nessa área) e o investimento em inovação (em laboratórios de última geração, preocupação com o bem-estar de todos, pois sabe que alunos e profissionais felizes produzem mais e permanecem na IES).

4.1.2.2 Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT

Depois da IES Caltech, segue-se a análise do curso de Engenharia Civil e Ambiental do MIT, que também tem duração ideal de 4 anos. O bacharel ao concluir o curso recebe o diploma de Engenharia Geral, no entanto o aluno poderá se especializar em determinada área devido a flexibilização curricular, com oportunidade de direcionar o foco (inclusive para

Engenharia Civil) ou fazer o curso de forma multidisciplinar. As componentes curriculares estão distribuídas da seguinte forma:

- ✓ Requisito Científico (precisam cumprir 6 disciplinas) – disponibilizam 27 unidades curriculares distribuídas nas disciplinas de Química, Física, Matemática e Biologia;
- ✓ Requisito Comunicação (precisam cumprir 4 disciplinas) – das quatro disciplinas, 2 são designadas como comunicação intensiva, disponível no grupo de Humanidades, Artes e Ciências Sociais;
- ✓ Requisito Humanidades, Artes e Ciências Sociais (precisam cumprir 8 disciplinas) – são disponibilizadas 43 unidades curriculares, distribuídas em áreas de concentração, onde o aluno deverá consultar um orientador para só então ter a permissão para cursar;
- ✓ Requisito Eletivas Restritas em Ciência e Tecnologias (precisam cumprir até 2 disciplinas) – são disponibilizadas 61 unidades curriculares, que vão desde a disciplinas da formação básica, como álgebra linear até Introdução à Física Nuclear Aplicada;
- ✓ Requisito Laboratório (precisam cumprir 1 disciplina) – são disponibilizadas 60 unidades curriculares;
- ✓ Requisito Educação Física (precisam cumprir natação e mais 4 disciplinas) – são disponibilizadas cerca de 50 atividades físicas, divididas em Aquáticas, Dança, *Fitness*, Saúde e Bem-estar, Esportivas Individuais, Artes Marciais, Educação ao Ar Livre e Esportes em Equipe.

Todos os alunos são obrigados a saber nadar, por isso a natação é uma atividade obrigatória dentro da instituição. Atletismo, patinação, diversos tipos de dança, yoga, meditação, esgrima, vela, golfe e futebol, são algumas das atividades disponíveis pelo MIT.

Observa-se que o principal diferencial dessa universidade consiste na grande oferta de disciplinas, dando ao aluno o poder de escolha e uma formação mais alinhada com o seu perfil pessoal e expectativas de curso. Um outro diferencial trata-se da atenção dada a formação cidadã, por meio do Requisito Humanidades, Artes e Ciências Sociais.

A instituição conta com um total de vinte centros e laboratórios interdisciplinares. O Programa de Oportunidades de Prática de Graduação (UPOP) consistem em um programa para alunos do segundo ano, onde os estudantes têm a oportunidade de praticar a engenharia fora do contexto acadêmico, por meio de estágios e *workshops* experimentais visando o desenvolvimento de habilidades e postura profissional necessária no mercado de trabalho.

A flexibilização no curso de Engenharia Geral do MIT não se encontra apenas na diversidade de opções de disciplinas dos requisitos citado acima, mas na possibilidade de poder fazer a graduação e a pós-graduação de forma simultânea, como a oferecida pela POLI/USP, com o pré-mestrado. Enfim, tanto no Caltech quanto no MIT, a preocupação com as atividades físicas e a saúde dos alunos merecem ser exaltados, pois estudos científicos provam a todo instante que as pessoas que se exercitam apresentam melhor fixação de conteúdo e poder de concentração, além de um melhor raciocínio lógico e memória, segundo a Organização Mundial de Saúde. Sendo assim, uma das ações que as universidades brasileiras deveriam aderir para que alcancem um melhor desempenho dos alunos, seria a inclusão de atividades físicas em suas matrizes curriculares.

4.1.2.3 *Universidade de Oxford*

Já na Oxford o curso se chama Ciência da Engenharia e tem duração de quatro anos. O aluno recebe o diploma de Metre em Engenharia. Os dois primeiros anos são dedicados as disciplinas básicas e o terceiro e o quarto ano são dedicados a especialização, que pode ser em engenharia: Química, Biomédica, Civil, Elétrica, Mecânica e Informação. No documento do Plano Estratégico 2018-2023, da Universidade de Oxford, o que mais chamou a atenção foi a preocupação da universidade em recrutar e reter os funcionários da instituição para garantir que permaneçam como líder no mercado mundial, por meio de recompensas financeiras e outros benefícios, partindo da saúde, bem-estar e valorização profissional. Essas informações só confirmam o itinerário de ações utilizadas por essas instituições de ponta, pois estas diretrizes são adotadas tanto pelo Caltech quanto pelo MIT, como foi possível ver anteriormente.

O documento também diz que a instituição aposta em inovação e excelência no ensino, por meio de melhores práticas pedagógicas, inserindo uma abordagem inclusiva de aprendizado e inovações tecnológicas digitais. Uma das prioridades da Oxford está em aumentar o número de vagas de graduação de grupos de pessoas sub-representados, assim

como as lacunas entre gêneros, etnias e socioeconômicas. Esses fatos recordam a importância das cotas raciais e sociais adotadas pelas universidades brasileiras.

A instituição também pretende aumentar o número de estágios remunerados para os estudantes, liberdade de investigação para os pesquisadores, investir e apoiar os ambientes para realização de pesquisas, com infraestrutura de última geração e atrair as melhores mentes do mundo para engajar na equipe existente, são outros compromissos da Oxford. Assim como ampliar o investimento em atividades de inovação, buscando formar uma equipe cada vez mais diversificada a fim de desenvolver uma visão internacional, fortalecendo a pesquisa e o ensino.

Pensando na formação do Engenheiro Inovador capaz de modernizar a indústria da construção, esperava-se com essa pesquisa que a matriz curricular dessas universidades que se encontram no topo dos ranqueamentos, estavam carregadas de disciplinas voltadas para as tecnologias habilitadoras e para uma formação mais específica, mais direcionadas do que os módulos de especialização encontrados na POLI/USP, por exemplo. Mas até agora, o que se viu foi uma grande preocupação em disponibilizar uma boa estrutura física e suporte emocional para os estudantes. É claro que a disponibilidade de recursos facilita o desenvolvimento das pesquisas e do próprio ser humano, já que agregado ao suporte material estão também os melhores profissionais.

Para finalizar, a Oxford desenvolve uma cultura inclusiva que promove a igualdade de oportunidades, valoriza a diversidade, respeita os direitos de todos e fomenta o desenvolvimento pessoal e profissional dos indivíduos, assim como investe em equipes de pesquisa em início de carreira. A Oxford faz de tudo para que seja sempre um lugar atraente para se trabalhar, do ponto de vista da estrutura física e do bem-estar, beneficiando também a comunidade local e externa ao campus universitário com serviços e incorporando o engajamento da sociedade de forma inovadora e de alta qualidade nas práticas de pesquisa. O compromisso da Oxford também se estende a programas de alojamento para melhorar a qualidade de vida dos funcionários e dos estudantes, facilitando o deslocamento até a universidade. Em síntese, este último parágrafo veio só ratificar a valorização da formação profissional-cidadã defendida nesta pesquisa.

4.1.2.4 Resumo da análise dos PPC das IES internacionais

A seguir encontram-se compilados as informações relevantes das IES internacionais apresentadas. Os resultados só ratificam as iniciativas tomadas pelas melhores universidades brasileiras analisadas. O destaque fica por conta da preocupação com o bem-estar da comunidade acadêmica como um todo e com a valorização da diversidade, elaborando diversos tipos de cotas, pois acreditam que quanto mais diversos a equipe maior a possibilidade de inovação e sucesso dos projetos. O Quadro 18 apresenta os principais critérios e indicadores de qualidade dos cursos de Engenharia Civil das universidades Caltech, MIT e Oxford.

Quadro 18 - Resumo dos critérios e indicadores de avaliação das IES internacionais.

(continua)

	Crítérios de avaliação	Indicadores de avaliação
1	Horário do curso	- Curso em horário integral
2	Disciplina do ciclo profissional no primeiro período do curso	- Introdução a Engenharia desenvolvida como atividade de ensino, pesquisa e extensão, com elaboração de projeto - Prática da engenharia fora do contexto acadêmico no segundo ano
3	Flexibilização curricular Percurso formativos	- Todos apresentam - Enorme variedade de disciplinas desde o básico - Especialização a partir do 3º ano de curso - Graduação e mestrado juntos - Duplo diploma devido o intercâmbio entre universidades
4	Metodologias de ensino e estratégias pedagógicas	- Metodologia ativas - Muita atividade desenvolvida em grupo e em laboratório
5	Atividades de ensino-pesquisa-extensão	- Antes mesmo de iniciar o curso já participam dessas atividades nos projetos de verão
6	Mentor da pós-graduação nos projetos de verão	- 10 semanas no verão, antes de começar a graduação, que ao final entregam um relatório escrito
7	Formas de avaliação dos discentes	- Avaliação como uma forma de estimular o aprendizado
8	Sustentabilidade	- Especialização em sustentabilidade - Transversalidade do tema dentro das disciplinas
9	Direitos humanos	- Disciplina obrigatória - Variedade muito grande de disciplinas envolvendo humanidades, artes e ciências sociais
10	Inovação	- Laboratórios de última geração - Investimento pesado em novas tecnologias - Recrutar e reter os melhores profissionais para garantir que permaneçam como líder no mercado mundial - A partir da excelência no ensino e abordagem inclusiva de aprendizado e inovações tecnológicas digitais - Diversidade, principalmente dos grupos sub-representados - Investimento em equipe com visão internacional

(conclusão)

Critérios de avaliação	Indicadores de avaliação
11 Curso de Ciência da Engenharia	- Diploma de Mestre em Engenharia, especialização em Engenharia Civil (eletivas)
12 Alunos envolvidos com pesquisa	- Cerca de 90% dos alunos da graduação
13 Relação aluno/professor	- 3:1, enquanto no Brasil esse número é de 17,4:1
14 Instalações físicas	- Última geração
15 Biblioteca	- Espaço estudantil com diversos tipos de espaço para estudar, aberto 24h
16 Orientação	- Funciona 7 dias/semana, até altas horas da noite
17 Saúde e bem-estar	- Plataforma que direciona o material conforme o perfil do aluno
18 Componentes curriculares	- Empréstimo de dispositivos eletrônicos
	- A partir do 1º ano e se estende até a formatura
	- Imensa variedade de modalidades esportivas
	- Obrigados saber nadar
	- Artes cênicas e visuais
	- Espaço para meditação, oração
	- Clubes
	- Refeições variadas para atender as pessoas que tem restrições alimentares
	- Acompanhamento da saúde física e mental
	- Lugar atraente para se trabalhar
	- Básico inclui química, física, matemática e biologia
	- Comunicação (4 disciplinas direcionadas a escrita acadêmica)
	- Humanidades, artes e ciências sociais (8 disciplinas de 43 opções)
	- Eletivas (2 disciplinas de 61 opções)
	- Laboratório (1 disciplina de 60 opções)
	- Educação física (natação + 4 disciplinas de cerca de 50 opções)

Fonte: Autora a partir dos *sites* das IES (2023).

Mais uma vez, não foram levados em consideração os itens de avaliação das instituições de pesquisa de ranqueamento QS, THE e ARWU, apenas os indicadores identificados por meio dos PPC e sites das IES analisadas.

4.2 Revisão Sistemática da Literatura – RSL

Optou-se por fazer uma RSL para complementar esta pesquisa, ao revelar novos elementos que possibilitam correlacionar com os dados encontrados na pesquisa documental. Foram encontrados um total de 283 artigos considerados aptos para o estudo, dos quais 213 (75,27%) da *Engineering Village*, 19 (6,71%) da *Scopus* e 51(18,02%) da *Web of Science*.

Após o primeiro filtro, 253 artigos foram excluídos por não apresentarem aderência a pesquisa. Outros 9 artigos foram rejeitados por serem duplicados, restando apenas 21 na fase

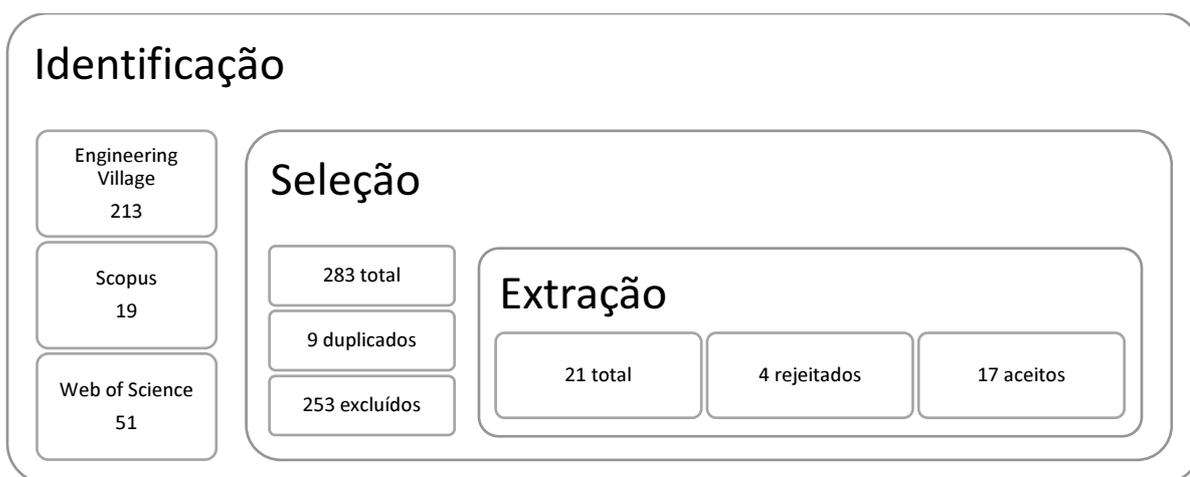
de seleção. Na fase de extração, os artigos foram lidos na íntegra para que os critérios de elegibilidade e de qualidade fossem respondidos.

A questão de elegibilidade incluiu: Os artigos apresentam estratégias e/ou metodologias que podem incorporar conceitos de sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil? Apontam perfil ideal de professor para habilitar esses novos engenheiros?

Os critérios de qualidade incluíram: Os artigos apresentam coerência e coesão textual? As estratégias e metodologias são reportadas de forma objetiva? Apresenta desenho metodológico claro e replicável? Tem aderência a pesquisa?

Dos 21 artigos que restaram, 17 foram aceitos e 4 foram rejeitados. E dos 17 artigos aderente a pesquisa, 10 (58,82%) são da *Engineering Village* e 7 (41,18%) da *Web of Science*. As etapas de identificação, seleção e extração foram efetuados por meio da ferramenta StArt e estão apresentadas na Figura 17.

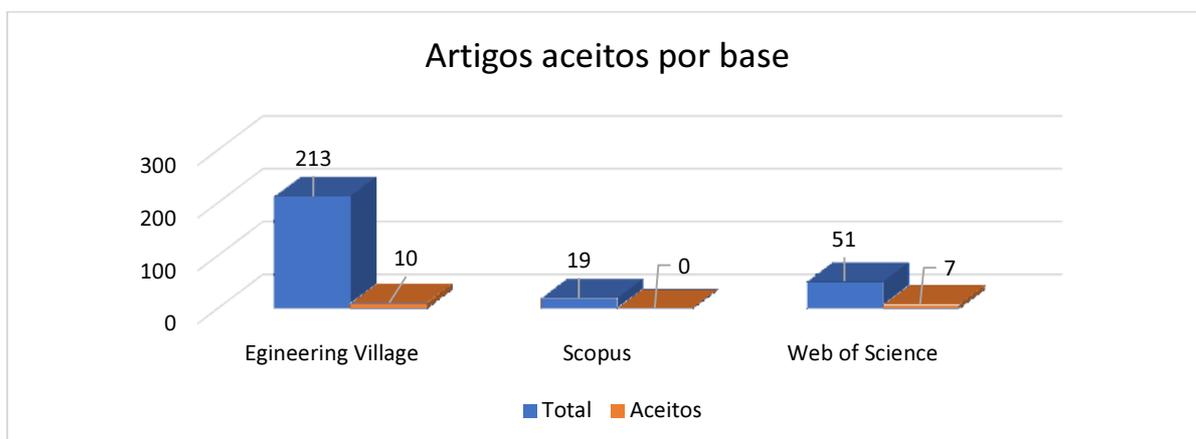
Figura 17 - Distribuição e extração dos artigos nas bases de dados.



Fonte: Autora.

O Gráfico 11 mostra a quantidade de artigos aceitos e o total em cada base de dados. A *Engineering Village* foi a que apresentou os melhores resultados, 213 artigos onde 10 foram aproveitados. A *Scopus* resgatou apenas 19, nenhum foi aproveitado. Por fim, a *Web of Science* trouxe 51, desses foram incluídos na pesquisa 7 artigos.

Gráfico 11 - Total de artigos das bases e suas respectivas quantidades incluídas.



Fonte: Autora.

Os 17 artigos resgatados com a RSL podem ser conferidos no Quadro 19. Apenas os anos de 2021 e 2022 foram contemplados, 12 artigos de jornal-periódico (AJ) e 5 artigos de conferência (AC). Entre os países se encontram: México, Noruega, Irlanda, Chile, Espanha, Rússia, Portugal, China, Ucrânia, Polônia, Índia, Hungria, Malásia e Reino Unido.

Quadro 19 - Artigos aderentes a pesquisa da *Web of Science e Engineering Village*.

(continua)

Web of Science				
Tipo	Título	Autores	Ano	País
1 AJ	Assessment of Multiple Intelligences in First-Year Engineering Students in Northeast Mexico	CHAVARRIA-GARZA, W. X.; SANTOS-GUEVARA, A.; MORONES-IBARRA, J. R.; AQUINES-GUTIERREZ, O.	2022	México
2 AJ	Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building	UGARELLI, R.; SAEGROV, S.	2022	Noruega
3 AJ	Opportunities and barriers faced by early-career civil engineer enacting global responsibility	CHANCE, S.; DIREITO, I.; MITCHELL, J.	2022	Irlanda
4 AJ	Strategy for the Evaluation and Monitoring of Competencies in Engineering Programs to Improve Students' Learning and Quality of Education	HERMOSILLA, P.; RIVERA, M. L.; ATEAGA, N.; GALLARDO, E.	2021	Chile
Web of Science				
Tipo	Título	Autores	Ano	País
5 AJ	Student Long-Term Perception of Project-Based Learning in Civil Engineering Education: An 18-Year Ex-Post Assessment	CORONADO, J. M.; MOYANO, A.; ROMERO, V.; RUIZ, R.; RODRÍGUEZ, J.	2021	Espanha
6 AJ	Sustainable Urban Development Strategic Initiatives	PANTELEEVA, M.; BOROZDINA, S.	2022	Rússia
7 AC	Teaching Ethics to Engineering Students: Case Studies	SOEIRO, A.; OLIVEIRA, L. A.	2021	Portugal

(conclusão)

Engineering Village					
Tipo	Título	Autores	Ano	País	
8	AJ	A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions	PENG, F. L.; QIAO, Y. K.; SABRI, S.; ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A.	2021	China
9	AC	A Comprehensive Program of activities to develop sustainable core skills in novice scientists	VLASENKO, K. V.; ROVENSKA, O. G.; CHUMAK, O. O.; LOVIANOVA, I. V.; ACHKAN, V. V.	2021	Ucrânia
10	AJ	Analysis of Employees Competencies in the Context of Industry 5.0	KOWAL, B.; WŁODARZ, D.; BRZYCHCZY, E.; KLEPKA, A	2022	Polônia
11	AJ	Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery	SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; SAMAL, B.; CHEELA, V. S.; DUBEY, B. K.; BHATTACHARYA, J.	2021	Índia
12	AJ	Earth observation and geospatial big data management and engagement of stakeholders in Hungary to support the SDGs	MIHÁLY, S.; REMETÉY-FÜLÖPP, G.; KRISTÓF, D.; CZINKÓCZKY, A.; PALYA, T.; PÁSZTOR, L.; ... ZENTAI, L.	2021	Hungria
13	AC	Prevention through Design: Architecture Student Cognizance	SAMSUDIN, N. S.; ABIDIN, M. N. Z.; MOHAMMAD, M. Z.; YUSOF, A. F.; SALEHAN, M. H. M.	2021	Malásia
14	AC	Project-Based Learning as an Important Element of Training Students Majoring in Environmental Engineering	SEMENOVA, N.	2021	Rússia
15	AC	The effect of classroom environment on satisfaction and performance: towards iot-sustainable spaces	HAO, X.; FLOREZ-PEREZ, L.	2021	Reino Unido
16	AJ	The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence for making a Digital Classroom and its sustainable Impact on Education during Covid-19	SHAIKH, A. A.; KUMAR, A.; JANI, K.; MITRA, S.; GARCÍA-TADEO, D. A.; DEVARAJAN, A.	2022	Índia
17	AJ	The role of universities in sustainable development and circular economy strategies	SUKIENNIK, M.; ZYBAŁA, K.; FUKSA, D.; KĘSEK, M.	2021	Polônia

Fonte: Autora.

A seguir são apresentados as habilidades e tecnologias que podem ajudar o engenheiro civil modernizar a indústria da construção, as estratégias educacionais exitosas, formas de incorporar os conceitos de sustentabilidade na graduação em Engenharia Civil e o perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador. Finalizando tem-se as o diagnóstico da POLI/UPE e recomendações para melhorar o desempenho acadêmico dos seus alunos.

4.2.1 Habilidades e tecnologias que ajudam o engenheiro civil modernizar a indústria

Um estudo mostra que a indústria dessa nova revolução industrial requer do seu pessoal competências técnicas, digital, social e pessoal, sobretudo as competências constituídas por *soft skills*, como o trabalho em equipe multidisciplinar (KOWAL *et al.*, 2022). Os autores mostram que dentre as competências citadas na pesquisa se encontram: atividade com sistemas de tecnologias da informação, análise e modelagem de dados, monitoramento de rede de sistemas, inovação, boa comunicação, trabalho em equipe, partilha de conhecimento e competência linguística (KOWAL *et al.*, 2022).

Os autores ainda afirmam que o desenvolvimento da carreira de jovens cientistas contribui com o desenvolvimento sustentável da sociedade, tornando-se um atributo essencial nessa construção do conhecimento que acompanha a dinâmica do mundo globalizado. Esse pensamento só vem corroborar com Cameron *et al.* (2020), que apontam a comunicação científica como essencial.

Enquanto, Vlasenko *et al.* (2021), dizem que até os alunos de pós-graduação enfrentam dificuldades para interpretar os resultados e analisar de forma crítica os dados; e cursos voltados para a produção de artigos de periódicos aumenta a alfabetização científica.

E com a digitalização generalizada e a internet das coisas, o Engenheiro Inovador precisa ter a capacidade de operar sistemas de tecnologias da informação, bem como lidar com grandes volumes de dados (VLASENKO *et al.*, 2021). Essa informação reforça a necessidade de inserção do BIM no primeiro ano da graduação apontado no PPC da UFPE (2022). E um estudo feito por Mihály *et al.* (2021) aponta as tecnologias de geoinformação e o *big data* como uma forma de apoiar os ODS.

Já, Panteleeva e Borozdina (2021) apresenta um estudo sobre iniciativas estratégicas de desenvolvimento urbano sustentável, com a utilização de *hubs* digitais⁸ baseados em inteligência artificial.

⁸ *Hubs* digitais são equipes interdisciplinares que atuam em células, no entanto compartilham informações e são guiadas pelo mesmo objetivo, visão e análise (VALTECH, 2020).

Os autores Hao e Florez-Perez (2021) trazem uma sala de aula inteligente baseada em IoT, no Reino Unido, onde dispositivos incorporados a sensores e outras tecnologias trocam dados em tempo real. O estudo teve como objetivo mostrar que o ambiente físico da sala de aula impacta no desempenho dos alunos, sendo assim, a iluminação, acústica, temperatura, ambientes e horários, são controlados de forma inteligente na instituição. Com esse sistema até os alunos conseguem saber as salas de estudos disponíveis (HAO; FLOREZ-PEREZ, 2021).

Diante dessa sala de aula apresentada pelos autores, observa-se que embora esteja bem distante da realidade brasileira, a tendência é que no futuro esse tipo de instalação seja o mais comum possível, pois esta é uma realidade da Indústria 5.0. Nesse contexto, os alunos acostumados com essa realidade já se encontram a frente dos que não tem contato com esses ambientes. Daí a necessidade do Engenheiro Inovador, pelo menos conhecer essas tecnologias.

Por fim, Ara Shaikh *et al.* (2021) trazem o uso da inteligência artificial e o aprendizado de máquina na educação. Isso só mostra o quanto as tecnologias já estão presentes dentro das salas de aula e o quanto é preciso avançar para poder acompanhar essa Sociedade 5.0. Na sequência são apresentadas estratégias educacionais exitosas que podem ser utilizadas nos cursos de graduação em Engenharia Civil.

4.2.2 *Estratégias educacionais exitosas*

As práticas pedagógicas precisam estar em constante reformulações visando as exigências do presente e pensando no futuro. Pedagogias que valorizam e sustentam a diversidade, que convidam os alunos a desaprenderem preconceitos e divisões e que curam feridas provocadas pelas injustiças sociais e econômicas, são urgentes (UNESCO, 2021).

No ensino superior, quando a relação professor-aluno não é verticalizada e o convívio é permeado pela afetividade e respeito mútuo, o ambiente de aprendizado favorece a escuta e a reflexão como uma forma de organização do ato pedagógico. O processo avaliativo nessa situação, instiga os alunos avaliarem o seu próprio desempenho de forma crítica, favorecendo um contexto educacional compartilhado (SILVA; ALMEIDA, 2017).

Pensando na formação mais adequada para os engenheiros civis, apresenta-se o trabalho cooperativo entre estudantes, o desenvolvimento de projetos de pesquisa, a resolução de

problemas, seminários, estudo de campo, pesquisa-ação e projetos comunitários, como práticas pedagógicas que precisam se expandir no ensino superior. Pois, segundo a Unesco (2021), a aprendizagem por meio de serviço pode contribuir como um processo dialógico de promoção do bem-estar em suas comunidades e esse tipo de exercício suaviza as barreiras entre a sala de aula e a sociedade.

Assim, no processo de ensino-aprendizagem, professores e alunos são os protagonistas do ato pedagógico. Portanto, o aprender e ensinar precisam ser construtivos, para isso é preciso que a aprendizagem ocorra no momento oportuno e de maneira adequada. Pois exercitar o conhecimento adquirido é o terceiro passo no processo de ensino-aprendizagem e o ensino deve ser estruturado a partir das demandas profissionais que os alunos enfrentarão ao entrar no mercado de trabalho (LUCKESI, 2011).

Ainda segundo a UNESCO (2021), a aprendizagem baseada em projetos e problemas, apresenta-se como uma ferramenta autêntica e relevante no processo de aprendizado, pois desperta a iniciativa já que as atividades exigem descoberta e colaboração. Desde que as metas e os objetivos sejam claros, transcender os limites disciplinares para encontrar soluções são inevitáveis. Estas metodologias permitem construir o conhecimento e o discernimento, além de favorecer a visualização do mundo como um processo mutável. “A aprendizagem ativa reconhece a necessidade de se envolver cognitivamente e emocionalmente” (UNESCO, 2021, p. 50).

Logo, a inovação no ensino pode acontecer a partir da inserção de tecnologias digitais no ensino profissional, pois além de contribuir na modernização do sistema de ensino, aproxima a sala de aula com o ambiente do mercado de trabalho, principalmente se utiliza uma estrutura tecnologicamente avançada possibilitando condições para que os futuros engenheiros acompanhem os avanços tecnológicos (DA SILVA; OLAVE, 2020)

E, a educação sobre tecnologia também requer um conjunto de habilidades e perspectivas críticas necessárias para entender a tecnologia e aproveitá-la apenas para o bem. A UNESCO (2021) diz que as tecnologias digitais devem ter como objetivo apoiar – e não substituir – as escolas; além de modelar o futuro a que aspiram, garantindo os direitos humanos e tornando-se exemplos de sustentabilidade e neutralidade de carbono. Embora a tecnologia digital ofereça um mundo de possibilidades, as inovações têm maior probabilidade de serem bem-sucedidas quando são projetadas para atender às necessidades e características particulares dos alunos em contextos específicos (UNESCO, 2021).

Em relação a avaliação do processo de construção do conhecimento, essa também se apresenta como uma questão a ser incluída nas estratégias educacionais. O ato de avaliar a aprendizagem permite identificar a eficácia dos recursos pedagógicos e averiguar o desempenho do aluno, possibilitando assim o redirecionamento – caso precise – das aulas. E segundo Luckesi (2011), a avaliação é um ato indissociável do ato pedagógico. Avaliar consiste na coleta de informações a partir dos conhecimentos prévio dos alunos e seu contexto sociocultural e para isso é preciso saber avaliar (GARCIA, 2013). Pois ferramentas avaliativas e emancipadoras como diários de campo, portfólios, rubricas, mapas conceituais e testes de desempenho escolar, podem ser grandes aliados no processo de aprendizado como defendido por Miranda Costa (2020).

Ainda nesse contexto, compreende-se a avaliação da aprendizagem como um processo de construção coletiva, em que professor e aluno assumem o protagonismo (COSTA; CERQUEIRA, 2013). Dessa forma, “a natureza da avaliação emancipatória é definida como o processo de análise e crítica de uma realidade que se pretende transformar” (MIRANDA COSTA, 2020, p. 121).

E segundo as necessidades apresentadas no PPC-UFMG (2013), a instituição precisaria adotar novas estratégias educacionais para melhorar o seu ensino, conforme as questões apontadas a seguir.

- ✓ Ênfase ao ensino contextualizado, objetivando a aplicação prática do conhecimento e a formação de um profissional reflexivo;
- ✓ Implementação de Trabalhos Integralizadores Multidisciplinares;
- ✓ Implementação do internato curricular;
- ✓ Mudança de postura do professor em sala de aula, estimulando o seu papel de indutor do conhecimento;
- ✓ Atuação do professor nas atividades extraclasse, assumindo verdadeiramente o papel de orientador;
- ✓ Reestruturação e informatização das disciplinas;
- ✓ Melhoria da infraestrutura necessária ao desenvolvimento das atividades extraclasse (biblioteca, laboratórios etc.);
- ✓ Disponibilização de bibliografia específica das disciplinas;

- ✓ Fortalecimento dos programas de bolsas de pesquisa, monitoria, programas PET e PAD;
- ✓ Melhorar e ampliar o acervo da biblioteca;
- ✓ Incentivar a permanência do aluno nas dependências da escola de engenharia;
- ✓ Possibilitar o desenvolvimento de atividades extraclasse;
- ✓ Estimular a convivência e os trabalhos em equipe;
- ✓ Prover técnicos de laboratório, a fim de garantir o adequado funcionamento dos mesmo (UFMG, 2013).

Diante do exposto, fica claro que as metodologias ativas são o grande diferencial das estratégias educacionais e que a formação humanizada e humanística se torna imprescindíveis nesse novo jeito de formar o conhecimento dentro das universidades. É claro que o apoio técnico e uma boa estrutura física dos espaços educacionais também são fundamentais. Vale lembrar que o incentivo financeiro e a valorização dos profissionais da educação têm um peso grande nessa modernização da estrutura acadêmica.

Semenova (2021) apresenta a aprendizagem baseada em projetos como uma excelente ferramenta para desenvolver habilidades de trabalhar em equipe e afirma que tarefas coletivas exigem pensar diferente e buscar soluções inovadoras. A autora ainda alerta para a importância dessa metodologia na utilização do BIM, já que essa tecnologia permite o trabalho em equipe.

Enquanto Coronado *et al.* (2021) apresenta a utilização da aprendizagem baseada em projetos em um curso de Engenharia Civil, na Espanha. O curso na época, 1998, foi tido como inovador, pois trazia um número de alunos reduzido e a metodologia de aprendizagem baseada em projetos. Após 15 anos da formatura dessa turma, os alunos foram avaliados a fim de identificar a eficácia da metodologia.

Os resultados mostraram que a metodologia contribui muito no desenvolvimento de suas habilidades, principalmente o trabalho em grupo, comunicação e liderança. Os estudantes avaliaram que a metodologia exige muito do aluno, mas a integração da teoria com a prática tornou o aprendizado mais efetivo. Os egressos disseram ter ficado muito satisfeitos com a sua formação teórico-prática. Importante frisar que a metodologia foi utilizada em todas as disciplinas do currículo e a qualidade dessa formação foi reconhecida não só pelos estudantes,

mas por uma pesquisa sobre empregabilidade do Ministério da Educação, Cultura e Esporte da Espanha. A seguir se encontram questões sobre sustentabilidade dentro dos cursos de Engenharia civil.

4.2.3 Conceitos de sustentabilidade incorporados nos cursos de Engenharia Civil

Conforme Fenner, Cruickshank e Ainger (2014), os conceitos de sustentabilidade podem ser abordados a partir das implicações climáticas, escassez de recursos naturais e a importância da ética e justiça socioambiental. Ainger e Fenner (2014), propõem uma hierarquização de princípios de sustentabilidade que podem ser incorporados ao longo do ciclo de vida de um projeto, a saber:

- ✓ Trabalhar dentro dos limites ambientais;
- ✓ Desenvolver padrões socioeconômicos mínimos para humanidade;
- ✓ Considerar a equidade intergeracional, pensando no que desejam criar para as futuras gerações em termos de benefícios e evitando danos;
- ✓ Conceber soluções integradas dos processos (AINGER; FENNER, 2014).

Segundo Fenner, Cruickshank e Ainger (2014), no esboço de um projeto se encontra a primeira oportunidade de considerar as questões sobre a sustentabilidade, sendo assim, trabalhar com equipes multidisciplinares, buscar eficiência dos recursos, controlar a poluição, atender às necessidades da sociedade, gerenciamento do ciclo de vida do projeto e criar soluções aceitáveis para todos, são algumas das formas de transmitir os conceitos de sustentabilidade e desenvolver habilidades em sala de aula.

O estudo de caso apresentado pelos autores Brunell, Dubro e Rokade (2021), em que os alunos fazem suas reflexões individuais e em grupo sobre a sustentabilidade de um projeto, além de apontar as melhores práticas para o estudo pode ser adaptado para a sala de aula, fazendo com que os estudantes nas diversas disciplinas sempre questionem e busquem alternativas inovadoras e sustentáveis.

Um outro estudo de caso desenvolvido na Universidade do País de Basco, entre 2013 e 2016, uma iniciativa da Reitoria de Inovação, Compromisso Social e Ação Social, incluiu docentes, servidores administrativos e estudantes, com o objetivo de responder aos desafios da sustentabilidade da própria universidade. Uma comunidade transdisciplinar foi montada,

cujo desafios foram abordados em forma de trabalho final de curso de graduação e dissertações de mestrado, tudo alinhado com ODS, em que o retorno consistiu no aprendizado de todos os envolvidos e na melhoria da gestão da universidade (MARTÍN-GARIN *et al.*, 2021). Os autores destacam nesse processo as disciplinas de Economia Circular, Construção Sustentável e Eficiência Energética. A seguir são especificados dois dos métodos e suas etapas de atividades.

Aprendizagem baseada em problemas

1. Definição dos objetivos pedagógicos conforme as competências do curso;
2. Definição do problema que os alunos deveram trabalhar;
3. Trabalho em grupo;
4. Definição de horários das atividades;
5. Organização tutorial para que os professores e funcionários possam esclarecer dúvidas;
6. E a avaliação consistiu em análise dos resultados pedagógicos, compilação das informações sobre o processo de aprendizagem dos alunos e como controle de qualidade do professor (MARTÍN-GARIN *et al.*, 2021).

Aprendizagem baseada em pesquisa

1. Revisão bibliográfica;
2. Experimento em laboratório;
3. Relatório;
4. Avaliação (MARTÍN-GARIN *et al.*, 2021).

Segundo Carroll (2021) o mundo está cada vez mais próximo de um modelo de economia circular, exigindo incorporar no currículo de engenharia esta disciplina como uma forma de abordar a sustentabilidade, pensando em um método de ensino que mostre como está a indústria e o planeta, para que pesquisas com bolsas de estudo sejam apoiadas. O autor ainda diz que é preciso dar ao estudante o gabarito para pensar diferente, considerando não só o objetivo imediato, mas todo o ciclo de vida de um projeto e suas interações com o meio (CARROLL, 2021).

Já Sharma *et al.* (2021), mostram que estratégias de economia circular como recuperação, reciclagem, reutilização, reaproveitamento, redução, recusar, repensar, podem acelerar o processo para se alcançar os ODS. E a gestão de resíduos sólidos baseada na economia circular, podem gerar empregos e contribuir com a sustentabilidade no planeta (SHARMA *et al.*, 2021), sendo assim, discutir economia circular na sala de aula pode ser uma ótima opção de inserir os conceitos de sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil.

Ugarelli e Sægrov (2022) lembram que a gestão de ativos de infraestrutura não fazia parte da educação em Engenharia Civil, no entanto, hoje existe a necessidade de introduzir no currículo das universidades, questões sobre riscos, economia circular, sustentabilidade e digitalização.

E, Sukiennik *et al.* (2021) acreditam que apenas uma educação contínua, efetiva e eco responsáveis podem incluir a economia circular em escala global, e que o papel das universidades é moldar a consciência dos estudantes para o desenvolvimento sustentável integrada a economia circular. Já outra observação apontada por Chance, Direito e Mitchell (2021), diz que as considerações econômicas dos projetos geralmente são pontos de conflito em relação as questões ambientais e sociais; mas estas questões econômicas não devem ser encaradas como barreiras intransponíveis, e sim como desafios a serem superados, principalmente, como combustível para soluções inovadoras.

Finalizando, a prevenção de acidentes na fase de projeto como uma forma eficiente de controlar as lesões, doenças e fatalidades dentro das obras de construção. Nesse sentido, Samsudin *et al.* (2021), apresenta um estudo mostrando que o envolvimento educacional fortaleceu o entendimento dos alunos quanto aos acidentes, além de aumentar a conscientização sobre as questões de segurança e saúde do trabalho. Assim como, disciplinas como de Materiais de Construção, Construções Sustentáveis e Empreendedorismo Sustentável, são apontadas como alternativas para melhorar a inserção dos conceitos de construção nos cursos de Engenharia Civil de forma direta (GOING GREEN, 2019)

Assim, conclui-se que os conceitos de sustentabilidade podem ser incorporados de diversas formas na graduação em Engenharia Civil, basta que haja o interesse em mostrar e a iniciativa em unir esforços para que a mudança aconteça nos cursos. E para isso, necessita-se de professores inovadores, capacitados e comprometidos com a sustentabilidade, como será abordado a seguir.

4.2.4 Perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador

De acordo com Fenner, Cruickshank e Ainger (2014), os educadores atualmente são provocados a abordar problemas complexos de forma sistêmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais, encorajando os futuros engenheiros a desafiarem as soluções ortodoxas e incompatíveis com a Sociedade 5.0. Ainda segundo os autores, a responsabilidade que a profissão exige devido ao fato do grande número de intervenções no meio ambiente, torna-se imprescindível que os egressos saiam das universidades capazes de fazer perguntas melhores e mais inteligentes no mercado de trabalho, para que o desenvolvimento seja cada vez mais sustentável.

Os educadores de hoje têm a função de orientar os seus alunos a estarem sempre se questionando sobre suas ações ao longo da sua vida profissional, assim como indagar e desafiar suposições em sala de aula ao invés dos alunos descobrirem na prática a desconexão com a realidade (AINGER; FENNER, 2014).

Levando em consideração a aprendizagem ativa, cujo aluno se torna o protagonista no seu processo de aprendizado, ou seja, agente ativo, e o professor o mediador nesse processo de ensino-aprendizagem, essa transformação exige do docente novas técnicas de ensino e do discente uma maior participação nas atividades extraclasse (PPC-UFMG, 2013).

Também, implementar o estudo da ética na Engenharia Civil é um grande desafio para os educadores, no entanto em dois estudos de caso os resultados foram positivos no curso de mestrado e doutorado em Engenharia Civil, podendo ser adequado sem qualquer prejuízo para a graduação. O tema foi abordado na pesquisa científica e na prática da profissão, a metodologia não apresentava uma solução única. Os alunos discutiam os assuntos e ao mesmo tempo tinham a oportunidade de perceber que a ética está diretamente interligada a sustentabilidade (SOEIRO; OLIVEIRA, 2021).

E, um outro estudo desenvolvido por Hermosilla *et al.* (2021) destaca a responsabilidade dos professores pela melhoria contínua da educação, pois muitas vezes as boas notas obtidas pelos alunos não representam o seu grau de desenvolvimento de competências dentro do curso, ou seja, muitas vezes as notas são incompatíveis e não correspondem ao nível de conhecimento real do estudante.

Já o estudo de Peng *et al.* (2021), sobre o espaço urbano subterrâneo, mostra que 11 dos 17 ODS, podem ser contemplados nesse tipo de obra, exigindo apenas que haja uma

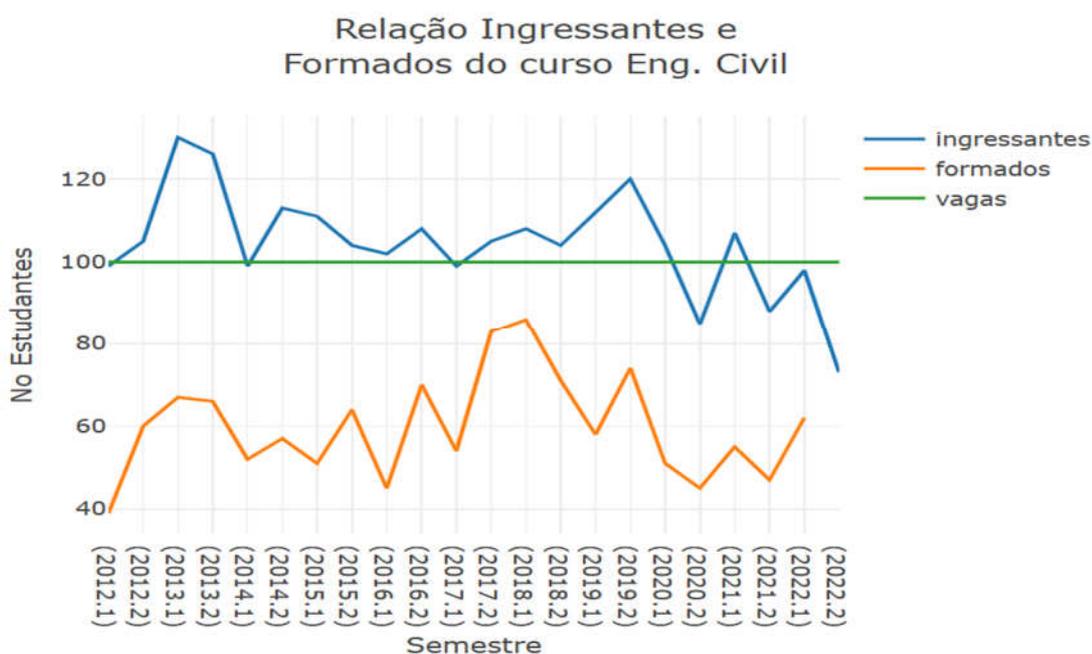
abordagem colaborativa entre a parte administrativa do solo, planejamento integrado, projeto arquitetônico e tecnologias da construção.

Enfim, mostrar para os engenheiros civis que a responsabilidade ética na profissão deve existir de forma holística (CHANCE; DIREITO; MITCHELL, 2021), pode ser o primeiro passo de uma formação mais eficaz e mais compatível com o desenvolvimento sustentável do planeta e da humanidade.

4.3 Diagnóstico e sugestões para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE

O Curso de Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI) pertencente a Universidade de Pernambuco (UPE), completa este ano 71 anos, restaurado em 1953, pelo decreto federal nº 38.187 de 3/11/1955. A última reforma curricular ocorreu em 2020. O curso encontra-se estruturado em 10 semestres (5 anos) e o máximo 15 semestres (7 anos e 6 meses), seguindo as instruções da Resolução do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão – CEPE Nº 082/2016. A POLI/UPE disponibiliza 100 vagas por semestre, no entanto nos últimos anos o número de ingressantes vem sendo menor do que a oferta, conforme pode ser visto no Gráfico 12, relação de ingressantes e formados do cursos de Engenharia Civil.

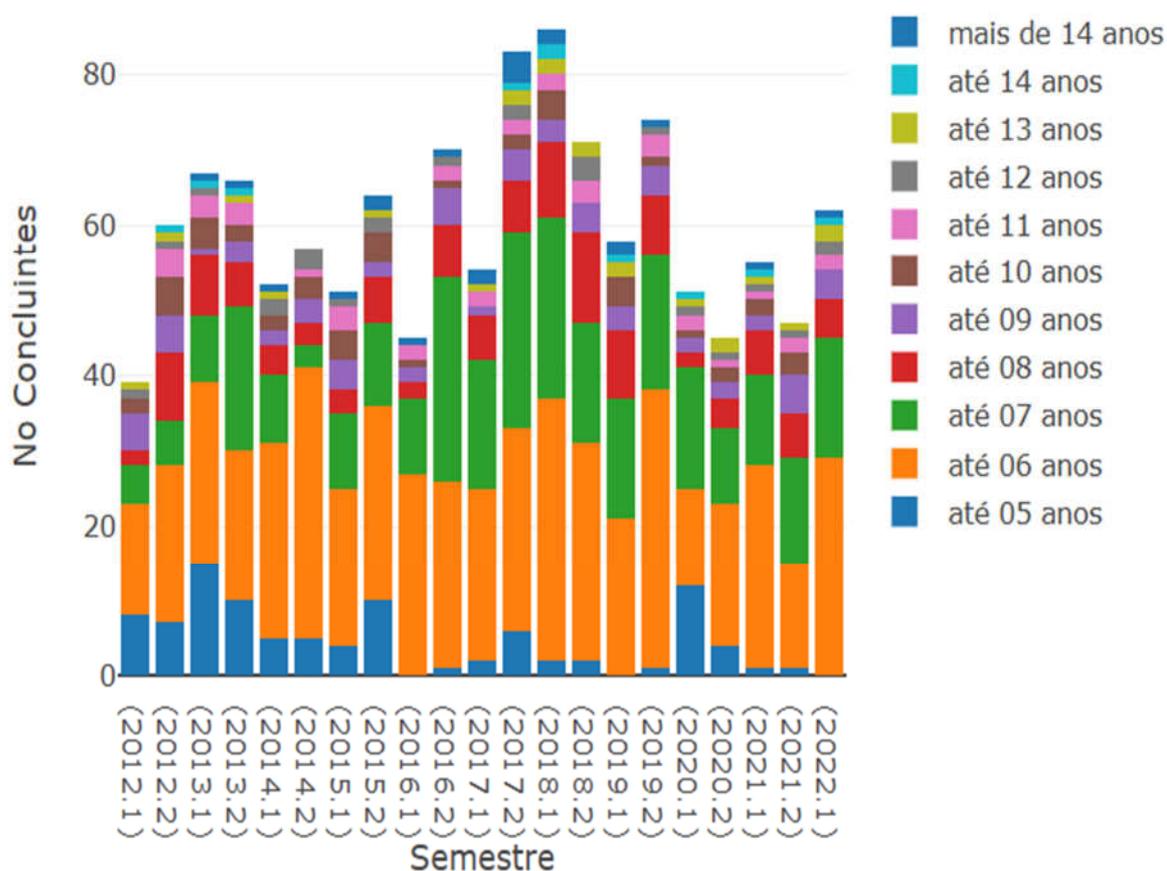
Gráfico 12 – Relação de ingressantes, formados e número de vagas da última década na POLI/UPE.



Fonte: POLI/UPE (2023).

O maior número de ingressos ocorreu em 2013.1, em que 130 alunos se matricularam no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE, enquanto o número de formados foi de 67 alunos. Já no semestre de 2018.1 formou-se 86 alunos, maior número da década. O Gráfico 13 mostra a evolução do tempo de conclusão do curso de Engenharia Civil na POLI/UPE. Observa-se que a maioria dos alunos concluem o curso entre 6 e 7 anos.

Gráfico 13 – Evolução do tempo de conclusão do curso de Engenharia Civil na POLI/UPE.



Fonte: POLI/UPE (2023).

O número total de alunos registrado no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE até 2022.1, corresponde a 3.306 alunos, sendo que 1.031 alunos matriculados antes de 2012 e 2.275 depois de 2012, conforme Tabela 6 de registro de alunos de 2012.1 a 2022.1. Assim como é possível averiguar que o maior índice de desistência ocorre no 1º semestre (200 alunos), ressaltando a necessidade de acolhimento dos ingressantes com o intuito de minimizar essa evasão escolar. Esses números explicam o porquê da relação de vagas, ingressantes e formados apresentados no Gráfico 12, não serem equivalentes.

Tabela 6 - Registros de alunos de 2012.1 a 2022.1 no curso de Engenharia Civil da POLI/UPE.

Antes de 2012.1	Depois de 2012.1	Total em 2022.1	
1.031	2.275	3.306	%
	Formados	1.257	38,02
	Matriculados	850	25,71
	Trancaram	30	0,91
	Desligados ou desvinculados	1.026	31,03
	Outros (abandono por exemplo)	143	4,33

Distribuição dos 1.026 alunos que foram desligados ou desvinculados por semestre:

Semestre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	+15
Nº alunos	158	200	61	69	46	43	50	28	36	38	22	31	15	21	10	15	183
%	15,4	19,5	5,9	6,7	4,5	4,2	4,9	2,7	3,5	3,7	2,1	3,0	1,5	2,1	1,0	1,5	17,8
% Acum.	15,4	34,9	40,8	47,5	52	56,2	61,1	63,8	67,3	71,0	73,1	76,1	77,6	79,7	80,7	82,2	100

Fonte: Adaptado do POLI/UPE (2023).

Dos 3.306 alunos apenas 38,02% (1.257) se formaram e 31,03% (1.026) foram desligados ou desvinculados. Sabe-se que vários são os fatores que podem influenciar a qualidade de um curso de engenharia e a evasão escolar, começando pelas características individuais dos alunos (socioeconômicas, por exemplo) e fatores institucionais (localização e infraestrutura). Atualmente a preocupação dentro das IES é tornar os cursos de Engenharia Civil mais atrativos para essa nova geração imediatista e com capacidade de ser multitarefas. Para isso é necessário que a POLI/UPE melhore a formação em seu curso de Engenharia Civil e consiga tornar o curso mais atrativo do ponto de vista do estudante.

A adoção de metodologias ativas em seu processo de ensino-aprendizagem, a adoção de um percurso formativo flexível ao invés do rígido, avaliação compatível com as metodologias ativas, introdução das disciplinas do ciclo profissional a partir do primeiro semestre, utilização de projetos integradores ao longo do curso, melhor distribuição das atividades de extensão, mais disciplinas como TAS (como uma forma de valorizar a sustentabilidade já nos semestres iniciais para que os alunos possam ir absorvendo a necessidade do desenvolvimento

sustentável), introdução de mais disciplinas voltadas para as questões dos Direitos Humanos (mesmo que tratado de forma transversal em outras disciplinas do curso), inclusão da metodologia BIM ao longo dos semestres de forma transdisciplinar e multidisciplinar, podem ser estratégias possíveis de tornar o curso mais atrativo para os discentes.

Assim como, aumentar o horário de atendimento dos laboratórios, pois a própria UFPE permite que os alunos utilizem nos finais de semana e durante a madrugada, facilitando a vida de muitos pesquisadores que dispõem de horário restrito. E a preocupação com as relações mais humanizadas dentro da instituição também merecem atenção, pois além de melhorar a forma de comunicação e tratamento entre professores-alunos-funcionários, podem minimizar a evasão escolar e evitar conflitos desnecessários que levam muitas vezes a danos emocionais e psicológicos dos envolvidos, que poderiam ser resolvidos se não houvesse o corporativismo cruel que insiste em perpetuar. Estas sugestões, acredita-se que estão mais próximas da realidade atual da POLI/UPE.

Outras coisas precisam ser feitas, no entanto, a mudança cabe em primeira instância as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia do CNE. Mesmo assim, a POLI/UPE já tem muita coisa que pode ir fazendo, inclusive buscar se aproximar cada vez mais da comunidade externa a POLI/UPE, identificando suas necessidades sociais e utilizando a pesquisa como um processo de aprendizagem e de extensão, para que a universidade possa desempenhar o seu papel social.

Não se pode esquecer a alfabetização científica dentro da POLI/UPE, principalmente porque as instituições de ranqueamento observam primeiramente isso. A produção científica além de trazer resultados quantitativos para a universidade, funciona como um instrumento de qualidade no ensino, pois o engajamento dos alunos na pesquisa contribui na formação dos discentes.

Os autores Vlasenko *et al.* (2021), apontam a incapacidade de ler resumos, aplicação incorreta de técnicas de pesquisa, a dificuldade em apresentar conclusões claras devido à incapacidade de estabelecer conexões com o problema da pesquisa. Outra questão é a má seleção de publicações científicas para a própria produção. Sendo assim, esses desafios precisam ser sanados caso a POLI/UPE deseje melhorar a qualidade dos trabalhos desenvolvidos dentro da instituição.

Lembrando que em quatro anos de formação na engenharia das três IES internacionais analisadas, quatro disciplinas são destinadas ao desenvolvimento da escrita acadêmica. Isso pode justificar o envolvimento de 90% dos alunos da graduação do Caltech, em atividades de pesquisa e o número enorme de publicações em periódicos reconhecidos internacionalmente pela qualidade dos trabalhos.

Essa situação pode ser resolvida com a introdução das disciplinas de Metodologia Científica e Revisão Sistemática da Literatura no primeiro ano, para que os alunos já possam ir trabalhando a escrita acadêmica. A universidade pode utilizar as horas complementares para exigir dos alunos créditos em atividades em cursos de escrita acadêmica, possibilitando o aumento do número de publicações científicas. Recomenda-se que a universidade esteja também mais atenta as demandas da sociedade para que a formação dos engenheiros civis esteja compatível com o mercado de trabalho, para isso é necessário professores qualificados.

Na educação sustentável é fundamental analisar a diversidade do alunado a fim de criar estratégias que permitam uma educação inclusiva a partir das diferenças existentes entre os estudantes (CHAVARRÍA-GARZA *et al.*, 2022). Segundo um estudo feito pelos mesmos autores, em uma universidade particular no México, no grupo de alunos analisados, as mulheres apresentaram inteligências maiores em linguística e interpessoal, já os homens obtiveram maior média em matemática e visual. Além da questão de gênero, existem inúmeras diferenças que devem ser levadas em consideração na sala de aula, como: racial, cultural, crença religiosa, nível de conhecimento, classe social, origem, perfil de estudante (auditivo, visual, tátil ou cinestésico), entre outros, para que o ODS 4 – Educação de qualidade e o ODS 5 – Igualdade de gênero, possam ser contemplados (CHAVARRÍA-GARZA *et al.*, 2022).

Jiménez-Pérez *et al.* (2021, p. 1) diz que “uma sociedade sustentável passa pela sustentabilidade na educação”. Sendo assim, necessita-se que as práticas educacionais sejam inclusivas e acessíveis, assim como o método de avaliação seja condizente com as estratégias de ensino (CHAVARRÍA-GARZA *et al.*, 2022).

Além de todas as sugestões dadas nessa seção, realizou-se entrevistas a membros da comissão do núcleo docente da POLI/UPE, no qual foi possível categorizar e sugerir ações de melhoria para a instituição baseada nos dados desta pesquisa, conforme Quadro 20 de categorização dos critérios de qualidade e sugestão para melhoria na formação acadêmica da POLI/UPE.

Quadro 20 - Categorização dos critérios de qualidade e sugestão para melhoria na formação acadêmica da POLI/UPE.

(continua)

	Crítérios	Ações
Natureza Estruturante	Infraestrutura para capacitar em novas tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Laboratório equipado com computadores, softwares e periféricos – associação com empresas que detenham tecnologias como o BIM e RA, que possam disponibilizar para a academia, buscando fortalecer a relação escola-empresa-sociedade, principalmente por meio da extensão tecnológica e desenvolvimento de trabalhos conjuntos.
	Biblioteca	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ampliação e melhoria das instalações físicas com maior número de computadores e garantia de acesso digital e internet para todos os alunos; ✓ Fortalecimento das plataformas de busca e treinamento para que as buscas nas bases de dados sejam mais eficientes; ✓ Ampliação do número de espaços para estudos individuais, pensando principalmente nos alunos que não dispõem de um ambiente adequado para estudar.
Natureza Estruturante	Professores capacitados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponibilizar recurso e tempo para que professores possam se capacitar em novas tecnologias, a partir da renovação do programa pedagógico de Engenharia Civil, possibilitando a inserção dessas ferramentas nas ementas das disciplinas; ✓ Oferecer curso de capacitação que estimulem as práticas avaliativas compatíveis com as metodologias ativas, semestralmente; ✓ Aproveitar professores de áreas afins, como computação e sistemas de informação, que tenham formação para oferecer disciplinas comuns com aplicações para os alunos do curso de Engenharia Civil; ✓ Promover eventos para fortalecer a troca de conhecimento (Mostra Pedagógica anual com palestras de professores e alunos, por exemplo).
	Relação Escola, Empresa e Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Setor que assessorie a direção para que haja uma melhor conexão entre os professores, a sociedade e as empresas, visando as necessidades dos stakeholders e oferecer possibilidades de cooperação através de trabalho conjunto (cursos de especialização, Residência Tecnológica – RESITEC), seja convidando-os para dar aulas etc.
Natureza Não-estruturante	Acolhimento aos alunos para evitar a evasão escolar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incentivar o acolhimento e indicação de um padrinho (aluno a partir do 5º semestre) para acompanhar o ingressante durante o curso, criando uma rede de contatos na universidade; ✓ Oferecer mentoria de um professor aos alunos ingressantes, com o objetivo de acompanhar e contribuir com o direcionamento do aluno na escolha do seu percurso formativo, facilitado com o uso de ferramentas digitais que possam registrar o desempenho do aluno durante toda a sua formação acadêmica.
	Percurso formativo flexível	<p><u>Carreira acadêmica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disciplinas voltadas para a pesquisa (metodologia e escrita científica, ética, RSL etc.) a partir do 1º ano; ✓ incentivar a atuação como aluno de iniciação científica, monitoria e extensão; ✓ Institucionalizar a matrícula nas disciplinas do mestrado ainda na graduação. <p><u>Carreira profissional</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disciplinas voltadas para a especialização (fundações, estruturas, recursos hídricos etc.); ✓ Promover ações de extensão e minicursos vinculados às áreas de especialização; ✓ Desenvolver projetos em parceria com as empresas, como ocorre na Extensão Tecnológica. <p><u>Carreira empreendedora</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disciplinas voltadas para gestão e empreendedorismo (administração, orçamentação, avaliação imobiliária etc.); ✓ Implantar disciplinas voltadas para o desenvolvimento dos soft skills.
	Disciplina temáticas de forma direta e transversal	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disciplina do ciclo profissional no 1º período – disciplina de Introdução a Engenharia abordada de forma prática, buscando incorporar metodologias ativas e extensão, quando possível, com o objetivo de contextualizar as disciplinas teóricas e tornar mais atrativas e aplicáveis as necessidades atuais; ✓ Disciplina como Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) e outros componentes curriculares de extensão que abordam a aplicação da sustentabilidade na Engenharia Civil como obrigatória; ✓ Também não deixar de abordar a temática de direitos humanos e sustentabilidade de forma transversal nas outras disciplinas.

(conclusão)

	Componentes curriculares de pesquisa, ensino e extensão	✓ A partir do 1º ano do curso e estruturadas para abraçar as novas tecnologias e metodologias de ensino, visando atender as demandas atuais da sociedade e sem esquecer os ODS.
	Saúde e bem-estar	✓ Ambientes e ações que proporcionem saúde mental, física e espiritual de todos que compõem a IES, com momentos de meditação, ginástica laboral, e principalmente, acompanhamento psicológico.

Fonte: Autora a partir das entrevistas.

Vale enfatizar, que independente do percurso formativo, não será excluído a formação básica determinada pelo PPC; a mentoria do professor deve estar vinculada a sua vocação e ao percurso escolhido pelo aluno; bem como, o aluno poderá optar por disciplinas de diferentes percursos formativos conforme a sua vocação.

4.4 Considerações do capítulo

A metodologia de pesquisa adotada possibilitou o atendimento sistemático de cada objetivo específico, bem como possibilitou a inclusão de grande diversidade e relevantes fontes de informações, nacionais e internacionais, o que torna o resultado dessa pesquisa adaptável a várias realidades de IES.

A pesquisa documental e a RSL partiram dos fundamentos da epistemologia, em que o conhecimento científico se constrói a partir da formação técnica-cidadã e de que todos os espaços são de aprendizagem. Ainda destacou que o conhecimento teórico e o prático, os recursos, as circunstâncias do ambiente e o estado emocional dos envolvidos, determinam o sucesso do objetivo.

A introdução desse capítulo mostrou que independente da teoria de construção do saber, Piaget ou Vygotsky, por exemplo, escolher uma vertente não garante o sucesso do aprendizado. Assim, como a técnica de estudo errada pode dificultar a vida do aluno. E que além dos *hard skills* o Engenheiro Inovador precisa desenvolver os *soft skills*.

A pesquisa documental começou exaltando o documento da UNESCO (2021) dizendo que a forma de organização da educação, atualmente, não garante uma sociedade mais justa e pacífica, um planeta mais saudável e um progresso mais equânime. Os autores CNI (2018), Freitas-Junior *et al.* (2015), Rodríguez-Gómez e Gairín-Sallán (2015) e Rodríguez-Pulido e Aguiar-Perera (2015), apontaram a falta de preparo dos gestores das universidades, evasão dos alunos dos cursos de engenharia, a necessidade de mudança cultural das instituições de

ensino, transparência administrativa e o comprometimento com as estratégias institucionais, como desafios a serem superados para garantir a sustentabilidade do crescimento institucional.

Em seguida, a análise dos 13 PPC seguiu as orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia (2019). A princípio foram identificadas informações gerais, mas que devem ser mencionadas, como: a falta de raciocínio dos alunos para lidar com as disciplinas do círculo básico, como cálculo, física e álgebra; que a duração máxima dos cursos variam de 15 a 20 semestres; que a POLI/USP oferece disciplinas ministradas em inglês em períodos alternados como uma forma de atrair estudantes de outros países e melhorar a leitura e a escrita dos seus alunos na língua inglesa; que a UNICAMP oferece atendimento psicossocial aos discentes e que a UFMG incentiva o intercâmbio nacional.

Depois dessas informações gerais nove critérios foram analisados separadamente, pois se mostraram extremamente relevantes e como possíveis indicadores de qualidade dessas universidades.

O primeiro a ser avaliado foi o **horário de curso** que identificou a POLI/UPE como a única instituição a oferecer o ensino da Engenharia Civil a noite, o que segundo Maranhão e Veras (2017), apresenta-se como algo ruim, pois o desempenho desses alunos costuma ser prejudicado pelo cansaço e tempo reduzido de dedicação extrassala, já que a maioria trabalha durante o dia. Porém, na opinião dos entrevistados o perfil de aluno varia conforme o turno, não caracterizando a diferença como um problema. Pois, os alunos do horário vespertino da POLI/UPE desenvolvem mais as *hard skills*, enquanto os alunos da noite acabam desenvolvendo mais as *soft skills*. No entanto, sugere-se o aumento do período do curso para os alunos que estudam no horário noturno.

O segundo critério a ser avaliado foi a introdução de **disciplina do ciclo profissional no primeiro período do curso**, como uma forma de motivar os estudos, utilizando a multidisciplinaridade e aumentando a percepção da necessidade das disciplinas básicas na formação do aluno, minimizando assim a evasão escolar.

O terceiro critério de qualidade consistiu na **flexibilização curricular e os percursos formativos** que se mostraram como o mais relevante nesta pesquisa documental. A POLI/USP é a universidade que dispõe de maior número de itinerários formativos,

corroborando com Barreto, Amaral e Pereira (2017), que salientam a necessidade de uma formação mais especializada para atender a Indústria 5.0. Dentre os pontos de destaque estão, os certificados de especialização, pré-mestrado, intercâmbios e o duplo diploma (Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo).

O quarto critério identificado foram as **metodologias de ensino e estratégias pedagógicas**. Nesse tópico o destaque ficou por conta do Congresso de Inovação e Metodologias no Ensino Superior promovido pela coordenação da GIZ da UFMG, que promovem reflexões, troca de experiências e divulgação de práticas de ensino inovadoras. Também merecem destaque os Projetos Integradores que fazem uso de um contexto multidisciplinar e transversal, com metodologias ativas, problematizadas em sala de aula, cujos assuntos inerentes à formação técnico-cidadã em Engenharia Civil.

O quinto critério incluiu as **atividades de ensino-pesquisa-extensão**, que identificou a disciplina de TAS como inovadora por trazer as metodologias ativas e inserir a sustentabilidade em atividades de ensino-pesquisa-extensão, assim como, o Internato Curricular da UFMG que aproxima populações carentes das práticas da engenharia, como uma forma da universidade exercer o seu papel social.

O sexto critério avaliado consistiu nas **formas de avaliação dos discentes**, pois segundo De Oliveira, Mota e De Sousa (2022), a avaliação precisa ser diagnóstica, somativa e formativa, não só avaliando os aspectos teóricos, mas o desenvolvimento das competências. Nesse sentido as diretrizes das engenharias (2019), corroboram ao apontar a avaliação como uma forma de reforço do aprendizado e estimular a produção intelectual dos discentes. O PPC da UFPE contribui com essa formação técnica-cidadã ao defender uma avaliação que preze pela ética e pelos direitos humanos, aspirando a sustentabilidade do meio ambiente e a superação das desigualdades sociais. Por fim, a avaliação deveria funcionar como um termômetro para discentes e docentes nesse processo de ensino-aprendizagem.

O sétimo critério foi a **sustentabilidade**, já que a temática é de extrema importância para o planeta. A busca pelo termo “sustentabilidade” nos PPC destacou a POLI/UPE mais uma vez por conta da disciplina de TAS, devido o tema ser abordado de forma direta e compatível com as diretrizes curriculares do CNE (2018).

O oitavo critério identificado foi **direitos humanos**, uma vez que o CNE (2018) destaca o exercício da comunicação, interação interpessoal e formação técnica-cidadã, essenciais na

formação dos engenheiros. Infelizmente, o resultado mostrou que dos 13 PPC, apenas 5 universidades apresentaram o termo “direitos humanos”, mostrando a necessidade urgente de modernização das IES brasileira em relação as IES internacionais, como apresentada nessa pesquisa no capítulo 4.1.2, critérios de qualidade das IES internacionais.

Finalizando, o nono critério, **inovação**, que assim como sustentabilidade e direitos humanos, a busca pelo termo no PPC foi o ponto de partida. O que mais se mostrou relevante foi o laboratório InovaLab@POLI da USP, introdução do BIM no primeiro período de Engenharia Civil proposto pela UFPE e a GIZ da UFMG, como ações inovadoras no ensino.

Em relação as instituições internacionais, os dados colhidos nos *sites* do Caltech, MIT e Oxford, apontaram o tempo de duração máxima ideal do curso de 4 anos, o ciclo básico inclui biologia e que a matriz curricular é composta por mais disciplinas da área de humanas do que da área de exatas. Um outro diferencial consiste no número de alunos envolvidos em pesquisa que chega a 90% no Caltech e que uma disciplina de 9 unidades corresponde a 3h/aula-professor e 6h/estudo-aluno, destacando o protagonismo estudantil.

Outra questão que se sobressaiu, foi relação aluno-professor que é de 3:1, enquanto no Brasil essa relação chega a 20:1. Assim como, as instalações de alta qualidade e funcionando 24 horas por dia, empréstimos de dispositivos eletrônicos para os alunos, orientador a partir do primeiro ano de graduação, a preocupação com o bem-estar da comunidade acadêmica, flexibilização curricular, utilização de metodologias ativas, avaliação compatível com a metodologia utilizada, laboratórios de última geração e valorização da diversidade, inclusive utilizando cotas para garantir esse pluralismo, são alguns dos destaques dessas IES internacionais. Lembrando que não foram levados em consideração os itens de avaliação das empresas de ranqueamentos universitários.

Em relação as **habilidades e tecnologias que ajudam o engenheiro civil modernizar a indústria da construção**, apareceu as competências constituídas por *hard skills* e *soft skills*, passando pela alfabetização científica, capacidade de operar com grandes volumes de dados, inteligência artificial e, principalmente, utilizando o BIM para o processo de digitalização (CAMERON *et al.*, 2020; KOWAL *et al.*, 2022; VLASENKO *et al.*, 2021).

Nas **estratégias educacionais exitosas**, apontou-se o trabalho cooperativo entre estudantes, o desenvolvimento de projetos de pesquisa, a resolução de problemas, *brainstorming*, seminários, estudo de campo, fóruns de discussão, simulações de sistemas

pesquisa-ação, projetos comunitários, ensino contextualizado, projetos integradores e informatização das disciplinas (CORONADO *et al.*, 2021; SEMENOVA, 2021; UFMG, 2013). Tudo isso aliado a uma avaliação formativa e emancipadora, com diário de campo, mapas conceituais, avaliação por pares, testes de desempenho e rubricas, apresentado pela autora Miranda Costa (2020). Nesse tópico também se destacou as recomendações da UNESCO (2021), de uma pedagogia que valoriza a diversidade, de uma educação que garanta os direitos humanos e a sustentabilidade.

Já os conceitos de **sustentabilidade incorporados nos cursos de Engenharia Civil**, segundo os autores Fenner, Cruickshank e Ainger (2014), podem ser abordados a partir das implicações climáticas, escassez de recursos naturais e importância da ética e justiça socioambiental. Enquanto Ainger e Fenner (2014), propõem uma hierarquização de princípios de sustentabilidade que podem ser incorporados ao longo do ciclo de vida de um projeto. Já Brunell, Dubro e Rokade (2021) apontam reflexões individuais e em grupo nas diversas disciplinas, como uma forma de encontrar alternativas inovadoras e sustentáveis. Outra sugestão, consiste nas disciplinas de economia circular, eficiência energética e construção sustentável (MARTÍN-GARIN *et al.*, 2021). Diante disso, os autores Sukiennik *et al.* (2021), afirmam que o papel das universidades é moldar a consciência dos estudantes para o desenvolvimento sustentável integrada a economia circular. E Samsudin *et al.* (2021), sugerem a prevenção de acidentes na fase de projeto como uma forma de incorporar a sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil.

Para o **perfil de professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador**, os autores Fenner, Cruickshank e Ainger (2014), afirmam que os educadores são provocados a abordar problemas complexos de forma sistêmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais, encorajando os futuros engenheiros a desafiarem as soluções ortodoxas e incompatíveis com a Indústria 4.0. Os egressos precisam sair das universidades capazes de fazer perguntas mais inteligentes no mercado de trabalho para que o desenvolvimento seja cada vez mais sustentável (FENNER; CRUICKSHANK; AINGER, 2014). Pois segundo Ainger e Fenner (2014), os educadores têm a função de orientar os alunos a se questionarem sempre sobre suas ações ao longo da sua vida profissional. Os resultados enfatizam que o professor habilitado para capacitar o Engenheiro Inovador não é aquele que ministra palestras em sala, mas o mediador no processo de ensino-aprendizagem (UFMG, 2013).

Algo que Soeiro e Oliveira (2021) destacaram foi a implementação da ética na Engenharia Civil, a temática precisa ser introduzida de forma transversal nas disciplinas, pois precisa-se estar atento a formação técnica-cidadã. E Hermosilla *et al.* (2021) enfatizam a responsabilidade dos professores pela melhoria contínua da educação, principalmente por meio de uma avaliação do conhecimento eficaz.

Para finalizar foi apresentado o **diagnóstico e sugestões para o curso de Engenharia Civil da POLI/UPE**, que teve como fundamento os resultados obtidos com a pesquisa documental, a RSL e as consultas feitas por meio de entrevistas as gestoras da instituição.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este capítulo finaliza-se esta dissertação de mestrado não só como uma pesquisa científica, mas como um marco nessa trajetória acadêmica. Ao identificar as principais características a serem incorporadas no modelo de formação do engenheiro civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), considerando o desenvolvimento sustentável e a modernização da indústria, esperava-se resultados mais voltados para as tecnologias habilitadoras e não voltados para a valorização do ser humano e a preservação do planeta. Descobrir que as melhores IES do mundo preocupam-se mais com o bem-estar da sua comunidade acadêmica do que utilizar tecnologias de última geração em sala de aula, foi uma grata surpresa. Como uma forma de melhor apresentar este capítulo, tem-se as limitações da pesquisa, recomendações para pesquisas futuras e algumas conclusões.

5.1 Limitações da pesquisa

As limitações identificadas nesta pesquisa estão relacionadas às várias fases de execução. Sendo assim, são descritos como sinalizadores de melhoria para que futuros pesquisadores que desejem dar seguimento ao tema se beneficiem. Abaixo seguem alguns desafios enfrentados.

- ✓ Dificuldade em coletar os PPC, principalmente das IES internacionais;
- ✓ Tradução das informações obtidas nos *sites* das universidades estrangeiras, medo de comprometer o conteúdo originalmente apresentado;
- ✓ Tempo gasto para compreender o funcionamento dos percursos formativos, estrutura de funcionamento das atividades de extensão e disciplinas do profissional no primeiro semestre, que poderiam ser facilitados por meio de uma conversa ou melhor ainda, com uma visita;
- ✓ Documentos desatualizados dificultando a verdadeira realidade das IES brasileiras;
- ✓ O risco do termo de busca da RSL não ter sido o mais abrangente.

Entre essas limitações pode-se apontar a visita as IES como a mais necessária, pelo menos uma universidade brasileira e uma internacional seria o ideal para que as informações fossem as mais fidedignas possíveis.

5.2 Recomendações para pesquisas futuras

Reconhecendo as limitações desta pesquisa e potenciais objetos de estudo para futuros trabalhos, assim como a necessidade de ampliar o conhecimento nessa linha de pesquisa recomenda-se:

- ✓ Panorama mais abrangente das IES internacionais, já que foram utilizadas nesta pesquisa apenas três universidades estrangeiras;
- ✓ Executar um estudo de caso que possa comparar o desempenho dos alunos em aula com metodologias ativas e com metodologias ortodoxas;
- ✓ Compilar estudos de casos com estratégias e tecnologias de ensino bem-sucedidas que podem ser adaptadas para a realidade local das IES;
- ✓ Aprofundar o estudo sobre a importância do sistema de cotas nas universidades nacionais e internacionais;
- ✓ Conhecer a percepção do ensino da Engenharia Civil na perspectiva de outros atores (alunos, egressos, professores, gestores, mercado, sociedade);
- ✓ Saber a viabilidade sobre a flexibilização curricular voltado para a carreira acadêmica, profissional e empreendedora, também na perspectiva de outros atores;
- ✓ Realizar estudo de caso que possa mostrar a importância da mentoria a partir do primeiro período no curso de Engenharia Civil, inclusive direcionando o aluno para a carreira acadêmica, profissional ou empreendedora.

Acredita-se, quanto mais estudos a IES fizerem sobre o processo de ensino-aprendizado, maiores as chances dessas universidades melhorarem o seu desempenho. No entanto, mais importante do que produzir as pesquisas é divulgar e discutir o conhecimento dentro e fora da instituição, para que a informação saia do campo da teoria para a prática.

5.3 Conclusões

Partindo das necessidades atuais da sociedade e das responsabilidades do Engenheiro Civil devido às intervenções da indústria da construção no meio ambiente, surge o desafio de adequar o ensino para que os egressos saiam melhor preparados das universidades. Os sistemas educacionais precisam refletir, em conjunto com o mundo do trabalho, às demandas necessárias à qualificação desses profissionais. Trata-se de um compromisso importante que reafirma o lugar da ciência na construção de conhecimentos.

A produção científica examinada nesta pesquisa apontou que são urgentes a adoção de novas pedagogias, novas abordagens curriculares, uma nova visão de escola e uma nova valorização dos tempos e espaços de educação, lembrando que precisam emergir de uma ação pensada por instituições de ensino e mercado de trabalho. Assim como, as universidades devem apoiar a pesquisa e o avanço da ciência, como instituições criativas, inovadoras e comprometidas com o fortalecimento da educação.

O modelo de formação dos cursos de Engenharia Civil deve abordar os ODS de forma transversal em todas as disciplinas que compõem a matriz curricular, sem esquecer que a formação desse ensino-aprendizado deve ser participativo, colaborativo, problematizador, interdisciplinar, intergeracional, intercultural e integrado dentro do corpo acadêmico. O ensino deve ser ainda mais profissionalizado para que os professores sejam reconhecidos como produtores de conhecimento e figuras-chave na transformação educacional e social.

O paradigma de desenvolvimento de modernização da educação focado no crescimento econômico também precisa ser extinto; assim como as pressões por resultados que incentivam a competição e reduzem as oportunidades de cooperação. Os currículos do futuro devem proporcionar aos professores autonomia e apoio, incluindo os oferecidos pelas tecnologias e colaboração entre colegas.

Uma outra questão consiste na medição e avaliação dos resultados na educação, pois os indicadores devem ser apropriados, significativos e criteriosamente pensados, tanto para os estudantes quanto para os professores. Pois, muito aprendizado importante não pode ser medido ou contado, isso não significa que não pode ser observado, como é o caso da cooperação que pode ser identificada empiricamente, por exemplo.

Em relação as características necessárias à formação do Engenheiro Civil da POLI/UPE e uma aproximação mais efetiva entre a teoria (academia), a prática (indústria) e a sociedade,

recomenda-se: acolhimento aos ingressos, introdução de disciplinas do ciclo profissional no 1º período como uma forma de contextualizar os temas abordados nas disciplinas básicas, relações mais humanizadas, práticas educacionais inclusivas e acessíveis.

Assim como, a adoção de metodologias ativas, percurso formativo flexível, utilização de projetos integradores, melhoria da alfabetização científica, componentes curriculares de pesquisa-ensino-extensão a partir do 1º ano de curso, ambientes e ações que proporcionem saúde mental e física – como meditação, ginástica laboral e acompanhamento psicológico – além de infraestrutura para capacitar em novas tecnologias – como o BIM e RA – ampliação do número de espaços para estudos individuais, aumento do horário de funcionamento dos laboratórios, capacitação para os professores e melhor interação escola-empresa-sociedade.

E o mais importante seria a mentoria para todos os alunos a partir do ciclo básico, com o objetivo de acompanhar e contribuir com o direcionamento do aluno na escolha da sua carreira – acadêmica, profissional ou empreendedora – facilitada com o uso de ferramentas digitais que possam registrar o desempenho do aluno durante toda a sua formação acadêmica.

Não se pode deixar de mensurar as temáticas de sustentabilidade e direitos humanos que devem ser discutidos ao longo de todo o curso de forma transversal, como um princípio e não como um assunto a ser estudado, principalmente por meio da imersão fora e dentro do ambiente acadêmico para que o contato com situações reais faça no futuro esse aluno considerar a comunidade e o seu entorno.

A educação também deve reparar injustiças passadas enquanto prepara-se para mudanças ambientais, tecnológicas e sociais horizontalmente. Esses fatos recordam a importância das cotas raciais e sociais adotadas pelas universidades públicas brasileiras que, infelizmente, ainda é vista de forma equivocada, necessitando repensar, a ‘cultura de bolhas’ para que os espaços de poder sejam ocupados por todos e não por uma pequena minoria branca, elitizada e de homens.

Conclui-se destacando que um dos principais papéis da educação é formar cidadãos capazes de pensar e agir de forma ética, munidos de responsabilidades, empatia, pensamento crítico e criativo, além de habilidades sociais e emocionais. Uma formação cujo ensino não seja estruturado apenas no mundo das palavras e abstrações, mas na real aproximação de teoria e prática que favorece a interação da academia com a indústria visando o desenvolvimento de uma sociedade sustentável.

REFERÊNCIAS

ABED, H. R.; HATEM, W. A.; JASIM, N. A. Adopting BIM technology in fall prevention plans. **Civil Engineering Journal**, v. 5, n. 10, p. 2270-2281, 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 31000/2018 Gerenciamento de Riscos–Diretrizes. Rio de Janeiro, ABNT, 2018.

ABRELL, T.; PIHLAJAMAA, M.; KANTO, L.; VOM BROCKE, J.; UEBERNICKEL, F. The role of users and customers in digital innovation: Insights from B2B manufacturing firms. **Information & Management**, v. 53, n. 3, p. 324-335, 2016.

ADDOR, F. Extensão tecnológica e Tecnologia Social: reflexões em tempos de pandemia. **NAU Social**, v. 11, n. 21, p. 395-412, 2020.

ADMINISTRADORES. **Produtização das soluções**. 2019. Disponível em: [https://administradores.com.br/artigos/produtizacao-das-solucoes#:~:text=%E2%80%9CProdutizar%E2%80%9D%20%C3%A9%20tornar%20um%20produto,esfor%C3%A7o%20para%20vender%20esse%20produto](https://administradores.com.br/artigos/produtizacao-das-solucoes#:~:text=%E2%80%9CProdutizar%E2%80%9D%20%C3%A9%20tornar%20um%20produto,esfor%C3%A7o%20para%20vender%20esse%20produto.). Acesso em: 08/04/2022.

AFZAL, M.; SHAFIQ, M. T. Evaluating 4D-BIM and VR for Effective Safety Communication and Training: A Case Study of Multilingual Construction Job-Site Crew. **Buildings**, v. 11, n. 8, p. 319, 2021.

AINGER, C.; FENNER, R. **Sustainable infrastructure: principles into practice**. ICE publishing, 2014.

ALBERTIN, M. R.; BUFALARI ELIENESIO, M. L.; DOS SANTOS AIRES, A.; JAGUARIBE PONTES, H. L. Principais Inovações Tecnológicas Da. **XXIV Simpósio De Engenharia De Produção**, n. November, p. 0–13, 2017.

AL-JAROODI, J.; MOHAMED, N.; JAWHAR, I. A service-oriented middleware framework for manufacturing industry 5.0. **ACM SIGBED Review**, v. 15, n. 5, p. 29-36, 2018.

ALLAIN, O.; GRUBER, C.; WOLLINGER, P. Didática Profissional: princípios e referências para a Educação Profissional. Florianópolis: **Publicações do IFSC**, 2019.

ALLAIN, O.; WOLLINGER, P.; MORAES, G. H. Concepções e história da Educação Profissional Tecnológica. Livro-texto virtual. **Prod. Téc. Curso de Especialização em Gestão Pública na Educação Profissional, Instituto Federal de Santa Catarina**, 2016.

ALMADA-LOBO, F. The Industry 5.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). **Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 4, p. 16– 21, 2016.

ANANYIN, V. I.; ZIMIN, K. V.; LUGACHEV, M. I.; GIMRANOV, R. D.; SKRIPKIN, K. G. Digital organization: Transformation into the new reality. **Бизнес-информатика**, n. 2 (44) eng, p. 45-54, 2018.

- ANTWI-AFARI, M. F.; LI, H.; SEO, J.; WONG, A. Y. L. Automated detection and classification of construction workers' loss of balance events using wearable insole pressure sensors. **Automation in Construction**, v. 96, p. 189-199, 2018.
- ARIPIN, I. D. M.; ZAWAWI, E. M. A.; ISMAIL, Z. Factors influencing the implementation of technologies behind industry 5.0 in the Malaysian construction industry. In: **Matec Web of Conferences**. EDP Sciences, p. 01006, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ATALLAH, A. N.; CASTRO, A. A. Revisão sistemática da literatura e metanálise. **Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica**. São Paulo: Lemos-Editorial, p. 42-48, 1998.
- BAG, S. TELUKDARIE, A.; PRETORIUS, J. C.; GUPTA, S. Industry 5.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. **Benchmarking: An International Journal**, 2018.
- BAI, C.; DALLASEGA, P.; ORZES, G.; SARKIS, J. Industry 5.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International journal of production economics**, v. 229, p. 107776, 2020.
- BAHRIN, M.; OTHMAN, F.; AZLI, N.; TALIB, M. Industry 5.0: A review on industrial automation and robotic. **Journal Teknologi**, [s.l.], v. 78, n.6-13, p.137–143, 2016.
- BANDEIRA, Lorena Rodrigues. Tendências atuais para a inserção do BIM no ensino superior. **Educandi & Civitas**, v. 2, n. 2, 2019.
- BARRETO, B. V.; SANCHES, J. L. G.; DE ALMEIDA, T. L. G.; RIBEIRO, S. E. C. O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro. **CONSTRUINDO**, 2016.
- BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 5.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245-1252, 2017.
- BARRETO, N. L. O princípio do desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Direito**, v. 11, n. 20, p. 47-65, 2011.
- BAZZO, W. A. **De técnico e de humano: questões contemporâneas**. Editora UFSC, 2016.
- BERTRAM, N.; FUCHS, S., MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J. Construção modular: Dos projetos aos produtos. **McKinsey & Company: Projetos de capital e infraestrutura**, p. 1-34, 2019.
- BINHOMAI, O.; HEGAZY, T. Agent-based simulation of workers' behaviors, productivity, and safety around construction obstacles. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 48, n. 8, p. 969-978, 2021.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Editora, 1994.

BONIFAZI, G.; CORRADINI, E.; URSINO, D.; VIRGILI, L.; ANCESCHI, E.; DE DONATO, M. C. A machine learning based sentient multimedia framework to increase safety at work. **Multimedia Tools and Applications**, p. 1-29, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021**. Brasília: MEC, 2021.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estratégia nacional de disseminação do BIM - Estratégia BIM BR**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Resumo Técnico – Censo da Educação Superior*. 2009. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/superior/censo/2009/resumo_tecnico_2009.pdf. Acesso em: 02 jan. 2023.

BRETTEL, M. FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 5.0 Perspective. **International journal of information and communication engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BROZZI, R.; FORTI, D.; RAUCH, E.; MATT, D. T. The advantages of industry 5.0 applications for sustainability: Results from a sample of manufacturing companies. **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3647, 2020.

BRUNELL, L. R.; DUBRO, A.; ROKADE, V. V. Assessing the Sustainability Components of Engineering Capstone Projects. In: **2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access**. 2021.

BURTET, C. G.; KLEIN, A. I. D. C. Z. Repensando a inovação do século XXI a partir das práticas do Movimento Maker. **Liinc em Revista**, v. 14, n. 1, 2018.

CAMERON, C.; LEE, H. Y.; ANDERSON, C. B.; TRACHTENBERG, J.; CHANG, S. The role of scientific communication in predicting science identity and research career intention. **PloS one**, v. 15, n. 2, p. e0228197, 2020.

CARROLL, T. Work in Progress: Incorporating a Circular Economy and an Interdisciplinary Framework within Engineering Education. In: **2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access**. 2021.

CASAGRANDE JR, E. F. Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 8, 2004.

CAVALCANTE, C. G. S.; ALMEIDA, T. D. Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. **Journal of lean systems**, vol. 3, n. 1, p. 125-152, 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Câmara Brasileira da Construção Civil. **Catálogo da Construção Civil**. Brasília: CBIC, 2016

CELERE. O perfil do profissional de construção civil do futuro. 2019. Disponível em: O perfil do profissional de construção civil do futuro (celere-ce.com.br) Acesso em: 12/06/2022.

CELLARD, A. A análise documental. *In*: POUPART, J. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, Vozes, v. 295, p. 2010-2013, 2008.

CHANCE, S.; DIREITO, I.; MITCHELL, John. Opportunities and barriers faced by early-career civil engineers enacting global responsibility. **European Journal of Engineering Education**, v. 47, n. 1, p. 164-192, 2022.

CHAVARRÍA-GARZA, W. X.; SANTOS-GUEVARA, A.; MORONES-IBARRA, J. R.; AQUINES-GUTIÉRREZ, O. Assessment of Multiple Intelligences in First-Year Engineering Students in Northeast Mexico. **Sustainability**, v. 14, n. 8, p. 4631, 2022.

COHEN, S. L.; TRIPSAS, M. Managing technological transitions by building bridges. **Academy of Management Journal**, v. 61, n. 6, p. 2319-2342, 2018.

COLDWELL, D. *et al.* Negative Influences of the 4th Industrial Revolution on the Workplace: Towards a Theoretical Model of Entropic Citizen Behavior in Toxic Organizations. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 15, p. 2670, 2019.

COLLABO. Transformações na Indústria 4.0 na realidade das empresas. Joinville - SC, 2016. Disponível em: <https://blog.collabo.com.br/transformacoes-industria-4-0> Acesso em: 17\08\2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Ensino de Engenharia: fortalecimento e modernização**. Propostas da indústria eleições 2018. Brasília: CNI, 2018, v. 7, 32 p. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Consulta Pública: Diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em engenharia**. p. 21, 2018.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Resolução N° 1, de 30 de maio de 2012** - Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos. 2012.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Resolução N° 2, de 24 de abril de 2019** - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Guia para Localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nos Municípios Brasileiros**. O que os gestores municipais precisam saber – Brasília: CNM, 2016.

CORONADO, J. M.; MOYANO, A.; ROMERO, V.; RUIZ, R.; RODRÍGUEZ, J. Student long-term perception of project-based learning in civil engineering Education: An 18-year ex-post assessment. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1949, 2021.

CORREIA NETO, M. V.; FERNANDES, K. K. B.; DE PAIVA SILVA, M.; BARROSO, K. O.; DE MELLO REZENDE, G. B.; CAMPOS, I. A. M. S.; RESENDE, J. A. L. C. A responsabilidade do engenheiro civil perante as legislações de resíduos da construção civil. **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2019.

COZZOLINO, A.; ROTHÄRMEL, F. T. Discontinuities, competition, and cooperation: Coopetitive dynamics between incumbents and entrants. **Strategic Management Journal**, v. 39, n. 12, p. 3053-3085, 2018.

COZZOLINO, A.; VERONA, G.; ROTHÄRMEL, F. T. Unpacking the disruption process: New technology, business models, and incumbent adaptation. **Journal of Management Studies**, v. 55, n. 7, p. 1166-1202, 2018.

CRAWLEY, E. F.; MALMQVIST, J.; ÖSTLUND, S.; BRODEUR, D. R.; EDSTRÖM, K. The CDIO approach: Rethinking engineering education. 2014.

CRUZ, P. M.; FERRER, G. R. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como ampliação de seus Fundamentos. **Sequência**, Florianópolis, p. 239-278, 2015.

DA SILVA, M. R. S.; OLAVE, M. E. L. Contribuições das Tecnologias Digitais Associadas à Indústria 4.0 para a formação profissional. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 2, p. 82-110, 2020.

DA SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. PUC/RJ, 2005.

DAI, J.; VASARHELYI, M. A. Imagineering Audit 5.0. **Journal of Emerging Technologies in Accounting**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2016.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 5.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in industry**, v. 99, p. 205-225, 2018.

DARKO, A.; CHAN, A. P.; OWUSU-MANU, D. G.; AMEYAW, E. E. Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. **Journal of cleaner production**, v. 145, p. 386-394, 2017.

DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. Adapting to fast-changing markets and technologies. **California Management Review**, v. 58, n. 4, p. 59-77, 2016.

DE GOUVEIA, A. A.; DOS SANTOS, J. P.; DOS SANTOS, P. N.; DOS SANTOS LEITE, Y. G. Inovação tecnológica na construção civil-Utilização de drone para gerenciamento de obra. **Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas**, p. 54, 2021.

DE LA TAILLE, Y.; DE OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vigotski, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. Summus editorial, 2019.

DE LIMA CAVALCANTI, V. Y. S.; DE SOUZA, G. H.; SODRÉ, M. A. C.; DE ABREU, M. S. D.; DA SILVA MACIEL, T.; DE ALBUQUERQUE SILVA, J. M. Indústria 4.0: desafios e perspectivas na construção civil. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 4, 2018.

DE OLIVEIRA, R. G.; MOTA, A. A.; DE SOUSA, J. A. Avaliação educacional-uma breve análise das modalidades: Diagnóstica, formativa e somativa. **Cadernos da Pedagogia**, v. 16, n. 34, 2022.

DELOITTE. Industry 5.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. 2014. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> Acesso em: 30/08/2022.

DE MELLO, A. R.; ANDREATTA-DA-COSTA, L. Análise da formação humanística, social e inovadora em cursos de Engenharia Civil de Pernambuco. **Revista Liberato**, v. 22, n. 37, p. 105-118, 2021.

DE SOUSA JABBOUR, A. B. L.; JABBOUR, C. J. C.; FOROPON, C.; GODINHO FILHO, M. When titans meet—Can industry 5.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 18-25, 2018.

DIAMANDIS, P. H.; KOTLER, S. **O futuro é mais rápido do que você pensa: Como a convergência tecnológica está transformando as empresas, a economia e nossas vidas**. Objetiva, 2021.

DIAS SOBRINHO, J. Educação superior: bem público, equidade e democratização. **Avaliação: revista da avaliação da educação superior (Campinas)**, v. 18, p. 107-126, 2013.

DONATO, H.; DONATO, M. Stages for undertaking a systematic review. **Acta medica portuguesa**, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019.

DOS SANTOS SIMÃO, A.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; DOS SANTOS, D. A.; DOS SANTOS, F.; SILVA, A. D.; ... JUNIOR, J. C. M. Impactos da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019.

EGGERS, J. P.; PARK, K. Incumbent adaptation to technological change: The past, present, and future of research on heterogeneous incumbent response. **Academy of Management Annals**, v. 12, n. 1, p. 357-389, 2018.

FANG, Yi-Cho; DZENG, Ren-Jye. Accelerometer-based fall-potential detection algorithm for construction tiling operation. **Automation in construction**, v. 84, p. 214-230, 2017.

- FÁVERO, A. A.; CENTENARO, J. B. A pesquisa documental nas investigações de políticas educacionais: potencialidades e limites. **Revista Contrapontos**, v. 19, n. 1, p. 170-184, 2019.
- FENNER, R. A.; CRUICKSHANK, H. J.; AINGER, C. Sustainability in civil engineering education: why, what, when, where and how. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability**. Thomas Telford Ltd, 2014. p. 228-237.
- FERGUSON, D. M.; JABLOKOW, K. W.; OHLAND, M. W.; PURZER, Ş. Identifying the characteristics of engineering innovativeness. *Engineering Studies*, v. 9, n. 1, p. 45-73, 2017.
- FERNANDES, K. R.; FLEURY, M. T. L.; DA SILVA, L. F. A Transformação digital e o desenvolvimento de capacidades dinâmicas: um mapeamento da literatura. **XLIII Encontro da ANPAD**, 2019.
- FERRARI, A. T. **Metodologia da pesquisa científica**. McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & produção**, v. 17, p. 421-431, 2010.
- FINE, D.; MANYIKA, J.; SJATIL, P. E.; TACKE, T.; TADJEDDINE, K.; DESMOND, M. Inequality: A persisting challenge and its implications. **McKinsey Global Institute**. 2019.
- FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0**. 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm> Acesso em: 01/02/2024
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FREIRE, V. H. W.; BASTOS FILHO, C. J. A.; KOHLMAN RABBANI, E. R. Análise do Programa de Extensão Tecnológica de Pernambuco usando Técnicas de Aglomeração de Dados. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 7, n. 2, p. 118-128, 2022.
- FREITAS, C. A. *et al.* A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 5.0. **Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da FATEC Osasco – REMIPE**, 2020.
- GABRIEL, J. C.; AMARAL, M. A.; CAMPOS, G. M. Automação e robótica na construção civil. In: **Brazilian Technology Symposium, São Paulo–SP**. 2018. p. 1-7.
- GARCIA, R. P. M. **Avaliação da aprendizagem na educação a distância na perspectiva comunicacional**. Cruz das Almas: UFBA. 2013.
- GARVIN, T.; KIMBLETON, S. Artificial intelligence as ally in hazard analysis. **Process Safety Progress**, p. e12243, 2021.
- GERASSIS, S.; ALBUQUERQUE, M. T. D.; GARCÍA, J. F.; BOENTE, C.; GIRÁLDEZ, E.; TABOADA, J.; MARTÍN, J. E. Understanding complex blasting operations: A structural

equation model combining Bayesian networks and latent class clustering. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 188, p. 195-204, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas. 220 p. 2008.

GOLABCHI, A.; HAN, S. U.; ABOURIZK, S. A simulation and visualization-based framework of labor efficiency and safety analysis for prevention through design and planning. **Automation in Construction**, v. 96, p. 310-323, 2018.

GOING GREEN. Como a sustentabilidade é abordada no curso de engenharia civil. 2019. Disponível em: <https://goinggreen.com.br/como-a-sustentabilidade-e-abordada-no-curso-de-engenharia-civil/> Acesso em: 06/03/2024.

GOMES, M. M. A (Des) Humanização do Estudante de Engenharia Sob o Olhar de um Professor-Engenheiro. 2021.

GOMES, V.; BARROS, N. N. Contribuição da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 19-34, 2018.

GUALTIERI, L.; RAUCH, E.; VIDONI, R.; MATT, D. T. An evaluation methodology for the conversion of manual assembly systems into human-robot collaborative workcells. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p. 358-366, 2019.

HAO, X.; FLOREZ-PEREZ, L. The Effect of Classroom Environment on Satisfaction and Performance: Towards IoT-Sustainable Space. In: **Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)**. International Group for Lean Construction, 2021. p. 443-453.

HENRIQUES, F. E.; MIGUEL, P. A. C. Adoção da modularidade em produto e em produção na indústria automotiva: uma análise comparativa em projetos de veículos com participação da engenharia brasileira. **Gestão & Produção**, v. 24, p. 161-177, 2017.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for industrie 5.0 Scenarios: A Literature Review. **Working Paper**. Dortmund, p. 3-16. jan. 2015.

HERMOSILLA, P.; RIVERA, M. L.; ATEAGA, N.; GALLARDO, E. Strategy for the evaluation and monitoring of competencies in engineering programs to improve students' learning and quality of education. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11721, 2021.

HININGS, B.; GEGENHUBER, T.; GREENWOOD, R. Digital innovation and transformation: An institutional perspective. **Information and Organization**, v. 28, n. 1, p. 52-61, 2018.

IBARRA, Dorleta; GANZARAIN, Jaione; IGARTUA, Juan Ignacio. Business model innovation through Industry 5.0: A review. **Procedia Manufacturing**, v. 22, p. 4-10, 2018.

IBEC. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Entenda o que é BIM 10D e como é feita sua implementação em projetos. 2021. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/entenda-o-que-e-bim-10d-e-como-e-feita-sua-implementacao-em-projetos/> Acesso em: 27/08/2022.

IFC. Instituto Federal Catarinense. Projeto pedagógico de curso de educação profissional técnica de nível médio (PPCTM). Agosto de 2014

ISSAMAR, F. H. M. K.; ROBERTO, R. L. New and Emerging Occupational Risks (NER) in Industry 5.0: Literature Review. In: 2019 7TH INTERNATIONAL ENGINEERING, SCIENCES AND TECHNOLOGY CONFERENCE (IESTEC). IEEE, 2019. p. 394-399.

JEBELLI, H.; CHOI, B.; LEE, S. H. Application of wearable biosensors to construction sites. I: Assessing workers' stress. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 12, p. 04019079, 2019a.

JEBELLI, H.; CHOI, B.; LEE, S. H. Application of wearable biosensors to construction sites. II: Assessing workers' physical demand. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 12, p. 04019080, 2019b.

JEON, J. H.; CAI, H. Classification of construction hazard-related perceptions using: Wearable electroencephalogram and virtual reality. **Automation in Construction**, v. 132, p. 103975, 2021.

JIMÉNEZ-PÉREZ, E.; DE VICENTE-YAGÜE JARA, M. I.; GUTIÉRREZ-FRESNEDA, R.; GARCÍA-GUIRAO, P. Sustainable Education, Emotional Intelligence and Mother–Child Reading Competencies within Multiple Mediation Models. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1803, 2021.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 5.0**. Berlim: Acatech, 2013.

KAHRAMAN, M. M. Analysis of Mining Lost Time Incident Duration Influencing Factors Through Machine Learning. **Mining, Metallurgy & Exploration**, v. 38, n. 2, p. 1031-1039, 2021.

KHAN, M.; Wu, X.; Xu, X.; Dou, W. Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 5.0. In: **2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)**. IEEE, 2017. p. 1-6.

KIM, D.; LIU, M.; LEE, S.; KAMAT, V. R. Remote proximity monitoring between mobile construction resources using camera-mounted UAVs. **Automation in Construction**, v. 99, p. 168-182, 2019.

KIM, J. S.; KIM, B. S. Analysis of fire-accident factors using big-data analysis method for construction areas. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 22, n. 5, p. 1535-1543, 2018.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, 2007.

KLINC, ROBERTO; TURK, Z. Construction 5.0 – digital transformation of one of the oldest industries. **Economic and Business Review**, v. 21, n. 3, p. 393–410, 2019.

KOHLMAN RABBANI, E. R.; SILVA, A. D. O.; LUCENA, V. F. P.; CAVALCANTI, B. V. P.; DA SILVA, S. P. R.; DA COSTA SILVA, M. C. Integração do ensino, pesquisa e extensão para o gerenciamento de resíduos sólidos na escola politécnica de Pernambuco e sua vizinhança. In: NUNES DA SILVA, A. J.; DE SOUZA, I. S.; LIMA, R. F. (Org). **Educação e a apropriação e reconstrução do conhecimento científico**. Ponta Grossa - PR: Atena, 2020. p. 76-97.

KOHLMAN RABBANI, E. R.; LIMA, D. R. L.; CAVALCANTI, B. V. P.; DA SILVA, S. P. R.; ROCHA, E. V. O.; DA COSTA SILVA, M. C. Indicadores de sustentabilidade para avaliação e monitoramento da gestão de resíduos sólidos em Instituição de Ensino Superior de Pernambuco. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 7096-7117, 2021.

KOHLMAN RABBANI, E. R.; REBOUÇAS, J. D. S.; MÁRCIA, M.; LUZ, G. M.; DO NASCIMENTO, W. V.; DA LUZ, G. H. M.; ... BASTOS-FILHO, C. J. A. . Finding Frequent Patterns in a Technological Education Program of Pernambuco, Brazil. In: **2022 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)**. IEEE, 2022. p. 1-6.

KOWAL, B.; WŁODARZ, D.; BRZYCHCZY, E.; KLEPKA, A. Analysis of Employees' Competencies in the Context of Industry 5.0. **Energies**, v. 15, n. 19, p. 7142, 2022.

KRUBNIKI, M.; PEREIRA, E. A responsabilidade civil e criminal do profissional de Engenharia Civil. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 11, n. 4, 2019.

KUSMA, Verônica Venturini. **Proposta de um modelo de maturidade da segurança do trabalho para Indústria 4.0**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LAMNABHI-LAGARRIGUE, F.; ANNASWAMY, A.; ENGELL, S.; ISAKSSON, A.; KHARGONEKAR, P.; MURRAY, R. M.; ... & VAN DEN HOF, P. Systems & Control for the future of humanity, research agenda: current and future roles, impact and grand challenges. **Annual Reviews in Control**, v. 43, 2017.

LANKOSKI, L. Alternative conceptions of sustainability in a business context. **Journal of cleaner production**, v. 139, p. 847-857, 2016.

LaPES UFSCar. **Termos e Condições de Uso Da Ferramenta StArt**. 2017.

LAVIKKA, R.; Kallio, J.; Casey, T.; Airaksinen, M. Digital disruption of the AEC industry: Technology-oriented scenarios for possible future development paths. *Construction management and economics*, v. 36, n. 11, p. 635-650, 2018.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H. G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 5.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LAZZERINI, B.; PISTOLESI, F. Artificial Bee Colony Optimization to Reallocate Personnel to Tasks Improving Workplace Safety. In: **International Workshop on Machine Learning, Optimization, and Big Data**. Springer, Cham, 2017. p. 210-221.

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

LI, X.; YI, W.; CHI, H. L.; WANG, X.; CHAN, A. P. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Automation in Construction**, v. 86, p. 150-162, 2018.

LI, Y.; SUN, H.; LI, D.; SONG, J.; DING, R. Effects of Digital Technology Adoption on Sustainability Performance in Construction Projects: The Mediating Role of Stakeholder Collaboration. *Journal of Management in Engineering*, v. 38, n. 3, p. 04022016, 2022.

LI, Z.; ZHANG, R.; LEE, C. H.; LEE, Y. C. An evaluation of posture recognition based on intelligent rapid entire body assessment system for determining musculoskeletal disorders. **Sensors**, v. 20, n. 16, p. 4414, 2020.

LIAO, P. C.; SUN, X.; ZHANG, D. A multimodal study to measure the cognitive demands of hazard recognition in construction workplaces. **Safety Science**, v. 133, p. 105010, 2021.

LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; DE FREITAS, E.; LOURES, R. Passado, presente e futuro da Indústria 4.0 – Uma revisão sistemática da literatura e proposta de agenda de pesquisa. **Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, 2017.

LIMA, M. C. Tipos de pesquisa e técnicas de coleta de materiais – pesquisa bibliográfica. Monografia: a engenharia da produção acadêmica. São Paulo: Saraiva, p. 37-49, 2004.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis*, Florianópolis v. 10, n. especial, p. 37- 45, 2007.

LIU, Y.; VAN NEDERVEEN, S.; HERTOOGH, M. Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *International journal of project management*, v. 35, n. 4, p. 686-698, 2017.

LOVE, H. B.; VALDES-VASQUEZ, R.; OLBINA, S.; CROSS, J. E.; OZBEK, M. E. Is cultivating reciprocal learning the gold standard for high impact pedagogies?. **Higher Education Research & Development**, v. 41, n. 4, p. 1136-1151, 2022.

LOUREIRO, S. M.; PEREIRA, V. L. D. V.; PACHECO JUNIOR, W. 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.

LU, Y.; LI, Y.; SKIBNIEWSKI, M.; WU, Z.; WANG, R.; LE, Y. Information and communication technology applications in architecture, engineering, and construction organizations: A 15-year review. *Journal of Management in Engineering*, v. 31, n. 1, p. A4014010, 2015.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. **Em Aberto**, v. 5, n. 31, 1986.

LUND, S.; MADGAVKAR, A.; MANYIKA, J.; SMIT, S. What's next for remote work: An analysis of 2,000 tasks, 800 jobs, and nine countries. **McKinsey Global Institute**, p. 1-13, 2020.

LUTHRA, S.; MANGLA, S. K. Evaluating challenges to Industry 5.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168-179, 2018.

MALAGOLI, K. História da aviação: dos primeiros desenhos ao futuro da aviação comercial. **Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual**, 2020.

MARANHÃO, J. D.; VERAS, R. M. O ensino noturno na Universidade Federal da Bahia: percepções dos estudantes. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 25, p. 553-584, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. atlas, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Planejamento e execução de pesquisas (4ª edição). Atlas SA Editora: São Paulo, 1999.

MAREFAT, A.; TOOSI, H.; HASANKHANLO, R. M. Abordagem BIM para segurança da construção: aplicações, barreiras e soluções. **Engenharia, Construção e Gestão Arquitetônica**, 2018.

MATA, V. D. S.; et al. (2019). Indústria 4.0: a Revolução 5.0 e o Impacto na Mão de Obra. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, 13(13), 17.

MARTÍN-GARIN, A.; MILLÁN-GARCÍA, J. A.; LEON, I.; OREGI, X.; ESTEVEZ, J.; MARIETA, C. Abordagens Pedagógicas para o Desenvolvimento Sustentável na Construção no Ensino Superior. **Sustentabilidade**, v. 13, n. 18, pág. 10203, 2021.

MESA FERNÁNDEZ, J. M.; PIQUERO CAMBLOR, J. C.; DÍAZ PILOÑETA, M.; MORÁN PALACIOS, H. Productive processes based on 3D printing versus conventional methodologies: A comparative analysis in the construction sector. *Dyna (Spain)*, 2020.

MIAN, S. H.; SALAH, B.; AMEEN, W.; MOIDUDDIN, K.; ALKHALEFAH, H. Adapting universities for sustainability education in industry 5.0: Channel of challenges and opportunities. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 6100, 2020.

MIHÁLY, S.; REMETÉY-FÜLÖPP, G.; KRISTÓF, D.; CZINKÓCZKY, A.; PALYA, T.; PÁSZTOR, L.; ... ZENTAI, L. Earth observation and geospatial big data management and engagement of stakeholders in Hungary to support the SDGs. **Big Earth Data**, v. 5, n. 3, p. 306-351, 2021.

MINAYO, M. C. S. (Org.). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. Rio de Janeiro: Hucitec, 2014. 408 p.

MIRANDA COSTA, A. L. La evaluación formativa y emancipadora en la cultura docente del profesorado universitario. Un proceso de innovación evaluativa a través de la investigación-acción en la Escuela Politécnica de Pernambuco (Brasil). 2021.

MIZUTANI, M. N. P.; DA SILVA VENTURA, T.; LORA, J. S. P.; MIRANDA, C. A.; DE MELO CONTI, D. A transformação no projetar e na tomada de decisão com o uso do BIM. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 49545-49557, 2020.

MOORE, J. E; MASCARENHAS, A.; BAIN, J.; STRAUS, S. E. Developing a comprehensive definition of sustainability. **Implementation Science**, v. 12, n. 1, p. 110, 2017.

MORAES, G. H. Identidade de Escola Técnica vs. Vontade de Universidade: A formação da Identidade dos Institutos Federais. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MUÑOZ-LA RIVERA, F.; MORA-SERRANO, J.; VALERO, I.; OÑATE, E. Methodological-Technological Framework for Construction 5.0. **Archives of Computational Methods in Engineering**, v. 28, n. 2, p. 689–711, 2021.

MUTLU, N. G.; ALTUNTAS, S. Assessment of occupational risks In Turkish manufacturing systems with data-driven models. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 53, p. 169-182, 2019.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015.
Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
Acesso em: 28/08/2022.

NAMBISAN, S.; LYYTINEN, K.; MAJCHRZAK, A.; SONG, M. Digital Innovation Management: Reinventing innovation management research in a digital world. **MIS quarterly**, v. 41, n. 1, 2017.

NGUYEN-VAN, V.; PANDA, B.; ZHANG, G.; NGUYEN-XUAN, H.; TRAN, P. Digital design computing and modelling for 3-D concrete printing. **Automation in Construction**, v. 123, p. 103529, 2021.

NICKEL, P. *et al.* Human-system interaction design requirements to improve machinery and systems safety. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS. Springer, Cham, 2019. p. 3-13.

NÓBREGA JUNIOR, C. L.; MELHADO, S. B. Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 8, p. 69-69, 2013.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Beyond Academic Learning: **First Results from the Survey of Social and Emotional Skills**. OECD Publishing, Paris, 2021.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 5.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in industry**, v. 83, p. 121-139, 2016.

OIT. Organização Mundial do Trabalho. Comissão Global sobre o Futuro do Trabalho. **Trabalhe para um futuro melhor**. 2019.

OLIVEIRA, M. M. Como fazer pesquisa qualitativa. In: Como fazer pesquisa qualitativa. Petrópolis, RJ: Vozes, 5 ed. 232 p. 2013.

OZTEMEL, E.; GURSEV, S. Literature review of industry 5.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Nova York, v. 31, n. 1, p. 127–182, 24 jan. 2020.

PANTELEEVA, M.; BOROZDINA, S. Sustainable Urban Development Strategic Initiatives. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 37, 2021.

PARK, J.; KIM, K.; CHO, Y. K. Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, p. 05016019, 2017.

PARVIAINEN, P. *et al.* Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. **International journal of information systems and project management**, v. 5, n. 1, p. 63-77, 2017.

PATRIARCA, R.; DI GRAVIO, G.; ANTONIONI, G.; PALTRINIERI, N. Investigating occupational and operational industrial safety data through Business Intelligence and Machine Learning. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 73, p. 104608, 2021.

PENG, F. L.; QIAO, Y. K.; SABRI, S.; ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A. A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions. **Frontiers of structural and civil engineering**, v. 15, p. 20-45, 2021.

PEREIRA, A.; DE OLIVEIRA SIMONETTO, E. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, n. 1, 2018.

- PERRIER, N.; BLED, A.; BOURGAULT, M.; COUSIN, N.; DANJOU, C.; PELLERIN, R.; ROLAND, T. Construction 5.0: A survey of research trends. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, v. 25, n. 24, p. 416-437, 2020.
- PERUZZINI, M.; PELLICCIARI, M.; GADALETA, M. A comparative study on computer-integrated set-ups to design human-centred manufacturing systems. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 55, p. 265-278, 2019.
- PFOHL, H. C.; YAHSI, B.; KURNAZ, T. Concept and diffusion-factors of industry 5.0 in the supply chain. In: **Dynamics in logistics. Springer: Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016 Bremen, Germany**. Springer International Publishing, 2017. p. 381-390.
- PILLONI, V. How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 5.0. **Future Internet**, v. 10, n. 3, p. 24, 2018.
- PISTOLESI, F.; LAZZERINI, B. Assessing the Risk of Low Back Pain and Injury via Inertial and Barometric Sensors. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 16, n. 11, p. 7199-7208, 2020.
- POLI/UPE – Escola Politécnica de Pernambuco. Relatório de Retenção dos alunos dos cursos de engenharia da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Recife, 2023.
- PORTELA, D. Construtivo e Multitask promovem Live ‘Café com Construção’ para discutir a inovação nesta indústria. SEGS, 2021.
- PORTO, C. A. M.; MOSTEIRO, G. M. J. Inovação e Qualidade na Formação de Professores Universitários. **Revista Eletrônica de Interuniversidade de Formação de Professores**, 17(3), 141-156, 2014.
- PORTUGAL, M. A. **Como Gerenciar Projetos de Construção Civil**. Brasport, 2016.
- QOSE, A.; PERI, L.; PROKO, A. Value Chain Analysis of Maps on Skrapari's Area. **Albanian Journal of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, p. 243-250, 2018.
- RAIMBAUD, P.; LOU, R.; DANGLADE, F.; FIGUEROA, P.; HERNANDEZ, J. T.; MERIENNE, F. A Task-Centred Methodology to Evaluate the Design of Virtual Reality User Interactions: A Case Study on Hazard Identification. **Buildings**, v. 11, n. 7, p. 277, 2021.
- REJIKUMAR, G.; RAJA, V.; ARUNPRASAD, P.; PERSIS, J.; SREERAJ, K. M. Industry 5.0: key findings and analysis from the literature arena. *Benchmarking: An International Journal*, 2019.
- RESULTADOS DIGITAIS. **Branding: o que é, dicas, melhores livros e como trabalhar a gestão de sua marca**. 2021. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/marketing/o-que-branding/> Acesso em: 31/03/2022.

RIBEIRINHO, M. J.; MISCHKE, J.; STRUBE, G.; SJÖDIN, E.; BLANCO, J. L.; PALTER, R. ... & ANDERSSON, T. The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem. McKinsey & Company: Zurich, Switzerland, 2020.

RIBEIRO, J. P. Educação Holística. In: BRANDÃO, M.S.; CREMA, R. Visão holística em psicologia e educação. São Paulo: Summus Editorial, 1991, p. 136-145

RIVERA, M. L.; HERMOSILLA, P.; DELGADILLO, J.; ECHEVERRÍA, D. The sustainable development goals (SDGs) as a basis for innovation skills for engineers in the industry 5.0 context. *Sustainability*, v. 12, n. 16, p. 6622, 2020.

ROBLEK, Vasja; MEŠKO, Maja; KRAPEŽ, Alojz. A Complex View of Industry 5.0. **Sage Open**. p. 1-11. abr. 2016.

RODRÍGUEZ-GÓMEZ, D. R.; GAIRÍN-SALLÁN, J. G. Innovación, aprendizaje organizativo y gestión del conocimiento en las instituciones educativas. *Educación*, 24(46), 73-90, 2015.

RODRÍGUEZ PULIDO, J.; AGUIAR PERERA, M. V. Fortalezas y debilidades de la gestión universitaria desde la visión de los gestores. **Revista Iberoamericana de Educación**, 2015.

ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

SALAS-ZAPATA, W. A.; ORTIZ-MUÑOZ, S. M. Analysis of meanings of the concept of sustainability. **Sustainable Development**, v. 27, n. 1, p. 153-161, 2019.

SALDANHA, T. J.; MITHAS, S.; KRISHNAN, M. S. Leveraging Customer Involvement for Fueling Innovation: The Role of Relational and Analytical Information Processing Capabilities. *MIS quarterly*, v. 41, n. 1, 2017.

SAMSUDIN, N. S.; ABIDIN, M. N. Z.; MOHAMMAD, M. Z.; YUSOF, A. F.; SALEHAN, M. H. M. Prevention through design: Architecture student cognizance. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012070.

SANCHEZ, M. A.; ZUNTINI, J. I. Organizational readiness for the digital transformation: a case study research. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 18, n. 2, p. 70-99, 2018.

SANTOS, B. P. ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. **Edipro**, 2019.

SEMENOVA, N. Project-Based Learning as an Important Element of Training Students Majoring in Environmental Engineering. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, 2021. p. 11051.

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. A quarta revolução industrial. SENAI 5.0. 2018. Disponível em: <https://www.senai40.com.br/saiba-mais/> Acesso em: 26/08/2022.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. 24. Ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SHAFIQ, M. T.; AL JASSMI, H. Improving construction safety with virtual-design construction technologies—a review. 2021

SHAIKH, A. A.; KUMAR, A.; JANI, K.; MITRA, S.; GARCÍA-TADEO, D. A.; DEVARAJAN, A. The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence for making a Digital Classroom and its sustainable Impact on Education during COVID-19. **Materials Today: Proceedings**, v. 56, p. 3211-3215, 2022.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; SAMAL, B.; CHEELA, V. S.; DUBEY, B. K.; BHATTACHARYA, J. Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. **Science of The Total Environment**, v. 800, p. 149605, 2021.

SIDANI, A.; DINIS, F. M.; DUARTE, J.; SANHUDO, L.; CALVETTI, D.; BAPTISTA, J. S.; ... SOEIRO, A. Recent Tools and Techniques of BIM-Based Augmented Reality: A Systematic Review. **Journal of Building Engineering**, p. 102500, 2021.

SILVA, D. G. C.; SILVA, J. D. J. C.; KOHLMAN RABBANI, E. R. Importância do estudo da sustentabilidade nos cursos de graduação e pósgraduação de Engenharia Civil: estudo de caso em IES de Pernambuco. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 34, p. 150-156, 2017.

SILVA, V. C. **Uma análise documental do programa UFG-Inclui**: historicidade e implicações. 2021. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação, Jataí, 2021.

SILVEIRA, A.; ABREU, J. R. S. C.; COELHO, L. A. Sustentabilidade tecnológica: o papel das tecnologias digitais na promoção do desenvolvimento sustentável. 2020.

SKŁAD, A. Assessing the impact of processes on the Occupational Safety and Health Management System's effectiveness using the fuzzy cognitive maps approach. **Safety science**, v. 117, p. 71-80, 2019.

SMYRNOVA-TRYBULSKA, E.; MORZE, N.; KUZMINSKA, O. Networking through scholarly communication: Case IRNet project. **Universities in the Networked Society: Cultural Diversity and Digital Competences in Learning Communities**, p. 71-87, 2019.

SOEIRO, A.; OLIVEIRA, L. A. Teaching Ethics to Engineering Students: Case Studies. In: **2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)**. IEEE, 2021. p. 1-4.

SOLTOVSKI, R. **Modelo teórico de categorização dos riscos provenientes da implantação da Indústria 4.0 no setor manufatureiro**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2020.

SOTT, Michele Kremer; DA SILVA BAUM, Kamila; BENDER, Mariluzza Sott. Sociedade 5.0: explorando os dilemas do ecossistema social do futuro. **REVES-Revista Relações Sociais**, v. 5, n. 4, p. 14920-01e, 2022.

SOUZA, B. D.; FRANCO, K. F.; DUARTE, M. B. A.; DE LIMA OLIVEIRA, E. C.; GODINHO, L. A. D. C.; MASCARENHAS, M. P.; DE ALMEIDA, G. H. Indústria 4.0. **LIBERTAS: Revista de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 10, n. 1, p. 160-193, 2020.

SUBRAMANIAM, M.; IYER, B.; VENKATRAMAN, V. Competing in digital ecosystems. *Business Horizons*, v. 62, n. 1, p. 83-94, 2019.

SUKIENNIK, M.; ZYBAŁA, K.; FUKSA, D.; KESEK, M. The role of universities in sustainable development and circular economy strategies. **Energies**, v. 14, n. 17, p. 5365, 2021.

SURI, K.; CUCCURU, A.; CADAVID, J.; GERARD, S.; GAALOUL, W.; TATA, S. Model-based development of modular complex systems for accomplishing system integration for Industry 5.0. **MODELSWARD 2017 - Proceedings of the 5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development**, v. 2017-Janua, n. April, p. 487–495, 2017.

SWALLOW, M.; ZULU, S. Benefits and barriers to the adoption of 4d modeling for site health and safety management. **Frontiers in Built Environment**, v. 4, p. 86, 2019.

SYDLE. Tecnologias da Indústria 4.0: quais são e como funciona. 2022. Disponível em: <https://www.sydle.com/br/blog/tecnologias-industria-4-0-5fa55ba5d70a374444371979/> Acesso em: 26/08/2022.

TAY, Y. W. D.; PANDA, B.; PAUL, S. C.; NOOR MOHAMED, N. A.; TAN, M. J.; LEONG, K. F. 3D printing trends in building and construction industry: a review. *Virtual and Physical Prototyping*, v. 12, n. 3, p. 261-276, 2017.

TECHEDGE. **Indústria 5.0: O que a torna diferente da 4.0?** 2022. Disponível em: <https://www.techedgegroup.com/pt/blog/o-que-e-industria-5-0> Acesso em: 18 mar. 2023.

TEECE, D. J. Towards a capability theory of (innovating) firms: implications for management and policy. *Cambridge journal of economics*, v. 41, n. 3, p. 693-720, 2017.

TEHRANI, B. M.; WANG, J.; TRUAX, D. Assessment of mental fatigue using electroencephalography (EEG) and virtual reality (VR) for construction fall hazard prevention. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2021.

TIAN, W.; MENG, J.; ZHONG, X. J.; TAN, X. Intelligent Early Warning System for Construction Safety of Excavations Adjacent to Existing Metro Tunnels. **Advances in Civil Engineering**, v. 2021, 2021.

THEÓPHILO, C. R.; IUDÍCIBUS, S. Uma Análise crítico-epistemológica da produção científica em Contabilidade no Brasil. **UnB Contábil – UnB, Brasília**, vol. 8, n. 2, Jul/ Dez – 2005. 147-175 p.

THIOLLENT, M. Metodologia de Pesquisa-ação. São Paulo: Saraiva, 2009.

TRAVASSOS, G.; BIOLCHINI, J. Revisões sistemáticas aplicadas à engenharia de software. **XXI SBES-Brazilian Symposium on Software Engineering**, 2007.

TRIVIÑOS, A. N. S. Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo. 1987.

TRUBAVINA, I.; DOTSENKO, S.; NABOKA, O.; CHAIKOVSKYI, M.; MESHKO, H. Developing digital competence of teachers of Humanitarian disciplines in the conditions of COVID-19 quarantine measures. In: **Journal of physics: Conference series**. IOP Publishing, 2021. p. 012052.

UGARELLI, R.; SÆGROV, S. Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building. **Water**, v. 14, n. 8, p. 1236, 2022.

UNESCO. **Reimagining our futures together: A new social contract for education**. UN, 2021.

VALDES-VASQUEZ, R.; CLEVINGER, C. M.; THORNES, L.; OLBINA, S. Cross-cultural Collaboration Inspired by a Sustainable Building Course in Costa Rica. In: **2018 ASEE Annual Conference & Exposition**. 2018.

VALENTE, A. C. C.; AIRES, V. M. **Gestão de projetos e lean construction: uma abordagem prática e integrada**. 1. ed. Curitiba: Editora Appris, 2017.

VALTECH. Por que o Hub Digital precisa fazer parte da sua estratégia. 2020. Disponível em: <https://www.valtech.com/pt-br/insights/por-que-voce-precisa-de-um-digital-hub/#:~:text=O%20que%20C3%A9%20um%20Hub,as%20mesmas%20m%C3%A9tricas%20e%20an%C3%A1lises>. Acesso em: 26 fev. 2023.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 5.0 - A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, v. 20, n. November, p. 233–238, 2018.

VENKATRAMAN, S.; NAYAK, R. R. Relationships among triple bottom line elements: Focus on integrating sustainable business practices. **Journal of Global Responsibility**, v. 6, n. 2, p. 195-214, 2015.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. **Vygotsky-uma síntese**. Edições Loyola, 1996.

VLASENKO, K. V.; ROVENSKA, O. G.; CHUMAK, O. O.; LOVIANOVA, I. V.; ACHKAN, V. V. A Comprehensive Program of activities to develop sustainable core skills in novice scientists. In: **Journal of physics: Conference series**. IOP Publishing, 2021. p. 012017.

WALLS, W. H.; STRIMEL, G. J. Improving regional manufacturing ecosystems: developing authentic industry-driven design projects. **Technology and Engineering Teacher**, v. 77, n. 4, p. 36-41, 2017.

WARNER, K. S. R.; WÄGER, M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. **Long range planning**, v. 52, n. 3, p. 326-349, 2019.

WAZLAWICK, R. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. Páginas 40 – 45. Elsevier Brasil, 2009.

WBCSD, Vision. 2050 The new agenda for business. **World Business Council for Sustainable Development**. Geneva, 2010.

WEI, C. C. Collapse warning system using LSTM neural networks for construction disaster prevention in extreme wind weather. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 27, n. 4, p. 230-245, 2021.

WESLEY, S. C.; JACKSON, V. P.; LEE, M. The perceived importance of core Soft Skills between retailing and tourism management students, faculty and businesses. **Emerald Insight**, v. 39, n. 1, p. 79-99, 2017.

WESTREICH, S.; PERLMAN, Y.; WINKLER, M. Analysis and Implications of the Management of Near-Miss Events: A Game Theoretic Approach. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 212, p. 107645, 2021.

WICHTL, M. et al. Improvements of Machinery and Systems Safety by Human Factors, Ergonomics and Safety in Human-System Interaction. In: Congress of the International Ergonomics Association. Springer, Cham, 2018. p. 257-267.

WOLKE, T. **Risk Management**. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017.

WU, H.; ZHONG, B.; LI, H.; LOVE, P.; PAN, X.; ZHAO, N. Combining computer vision with semantic reasoning for on-site safety management in construction. **Journal of Building Engineering**, v. 42, p. 103036, 2021.

YANG, X.; YU, Y.; SHIROWZHAN, S.; LI, H. Automated PPE-Tool pair check system for construction safety using smart IoT. **Journal of Building Engineering**, v. 32, p. 101721, 2020.

YU, Y.; GUO, H.; DING, Q.; LI, H.; SKITMORE, M. An experimental study of real-time identification of construction workers' unsafe behaviors. **Automation in Construction**, v. 82, p. 193-206, 2017.

YU, Y.; LI, H.; YANG, X.; KONG, L.; LUO, X.; WONG, A. Y. An automatic and non-invasive physical fatigue assessment method for construction workers. **Automation in Construction**, v. 103, p. 1-12, 2019.

YUAN, J.; LI, X.; XIAHOU, X.; TYMVIOS, N.; ZHOU, Z.; LI, Q. Accident prevention through design (PtD): Integration of building information modeling and PtD knowledge base. **Automation in construction**, v. 102, p. 86-104, 2019.

XU, X.; LU, Y.; VOGEL-HEUSER, B.; WANG, L. Indústria 4.0 e Indústria 5.0—Inception, concepção e percepção. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530-535, 2021.

ZANELLA, L. C. H. Metodologia da pesquisa - 2 ed. Reimp. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 134 p., 2013.

ZAWADZKI, P.; ŻYWICKI, K. Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 5.0 concept. Management and production engineering review, 2016.

ZENG, J.; GLAISTER, K. W. Value creation from big data: Looking inside the black box. *Strategic Organization*, v. 16, n. 2, p. 105-140, 2018.

ZHANG, P.; CHEN, R. P.; DAI, T.; WANG, Z. T.; WU, K. An AIoT-based system for real-time monitoring of tunnel construction. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 109, p. 103766, 2021.

ZHOU, C.; LUO, H.; FANG, W.; WEI, R.; DING, L. Cyber-physical-system-based safety monitoring for blind hoisting with the internet of things: A case study. **Automation in Construction**, v. 97, p. 138-150, 2019.

ZHOU, L.; YEH, K. H.; HANCKE, G.; LIU, Z.; SU, C. Security and Privacy for the Industrial Internet of Things: An Overview of Approaches to Safeguarding Endpoints. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 35, n. 5, p. 76-87, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Formulário das entrevistas semiestruturadas

Este formulário foi preenchido a partir das sugestões dadas pelos membros da POLI/UPE, a partir das discussões entre os participantes da reunião do planejamento estratégico e, posteriormente, pelos três gestores que juntos chegaram ao Quadro 19, categorização dos critérios de qualidade e sugestões para melhoria na formação acadêmica da POLI/UPE.

CRITÉRIO/INDICADORES DE QUALIDADE	
01	<p>Horário de curso</p> <p>A POLI/UPE é a única universidade analisada a oferecer o curso de Engenharia Civil a noite. Essa questão foi considerada como relevante pelo fato dos alunos de tempo integral ou diurno terem, teoricamente, mais tempo para se dedicarem as atividades acadêmicas. Além disso, a pesquisa destacou que uma parcela do alunado do turno noturno são excluídos dos programas de ensino e extensão por apresentarem vínculo empregatício; sugerindo-se uma maior duração para esses cursos como uma forma de equalizar essa formação acadêmica.</p>
<i>Opinião/sugestões</i>	
02	<p>Disciplina do ciclo profissional no 1º período</p> <p>A disciplina de Introdução à Engenharia desenvolvida como atividade de ensino, pesquisa e extensão, com elaboração de projeto, como disciplina do ciclo profissional. Cujo objetivo é motivar os estudos e contextualizar os temas abordados nas disciplinas básicas. Essa ação visa minimizar a evasão escolar. A proposta da disciplina consiste em abordar uma temática geral e multidisciplinar que muda a cada semestre. Dos cursos analisados, 46% adotam essa prática.</p>
<i>Opinião/sugestões</i>	
03	<p>Flexibilização curricular e os percursos formativos</p> <p>A análise dos PPC mostraram que 77% dos cursos apresentam flexibilização curricular. Dentre os percursos formativos oferecidos se destacam:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Módulo de especialização</u> (consiste na escolha de um módulo integrado por disciplinas como uma formação profissional especializada em determinada área, com direito a certificado ao final do curso de graduação). ✓ <u>Pré-mestrado</u> (cuja vantagem é fazer a graduação e o mestrado em 6 anos, com o objetivo de formar engenheiros civis para as atividades de pesquisa científica, a partir do aproveitamento de disciplinas em ambos os cursos). ✓ <u>Duplo diploma em Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo</u> (a realização ocorre nos três primeiros anos no curso de Engenharia Civil, os dois seguintes em Arquitetura e Urbanismo, finalizando os dois últimos em Engenharia Civil, recebendo ao final da trajetória o diploma de bacharel em Engenharia Civil e especialista em Arquitetura e Urbanismo). ✓ <u>Intercâmbios nacionais e internacionais</u> (pode ser entre IES parceiras ou não).
<i>Opinião/sugestões</i>	
04	<p>Metodologias e estratégias de ensino</p> <p>Tendo o formato ortodoxo de ensino incompatível com os tempos atuais da globalização digital, exigindo o aluno como protagonista no seu processo de aprendizagem – típico do ensino-aprendizagem com as metodologias ativas, destacaram-se:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Taxonomia de Bloom</u> (prática pedagógica baseada na hierarquia de objetivos: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar). ✓ <u>Metodologias ativas</u> (sala de aula invertida, instrução por pares, aprendizagem baseada em problemas e projetos, seminários, estudo de campo, aprendizagem por meio de serviço etc.) ✓ <u>Projetos integradores</u> (77% dos cursos adotam e o objetivo é incentivar a aproximação de áreas afins, com atividades que integram os conceitos trabalhados em disciplinas isoladas no semestre e de semestres anteriores em um contexto multidisciplinar e transversal, organizado pela coordenação do curso, com questões inerentes à formação dos engenheiros civis, como liderança, comunicação e ética profissional). <p>A RSL apontou que se precisa de pedagogias que valorizam e sustentam a diversidade, que convidam os alunos a desaprenderem preconceitos e divisões e que curam feridas provocadas pelas injustiças sociais e econômicas. Relação professor-aluno não verticalizada. A inserção de tecnologias digitais como uma forma de aproximar a sala de aula com o mercado de trabalho. Estimular a convivência e os trabalhos em equipe. Assim como, uma formação mais humanizada e humanística, a fim de formar técnicos-cidadãos.</p>
<i>Opinião/sugestões</i>	
05	<p>Atividades de ensino, pesquisa e extensão</p> <p>Nesse quesito se destacaram:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Internato Curricular da UFMG</u> (que busca introduzir o aluno de Engenharia Civil à realidade das populações carentes e das suas demandas passíveis de serem atendidas pela prática da engenharia. Ocorre no 9º período, com trabalhos em campo durante 3 semanas que antecedem o início das aulas, e no restante do semestre os alunos desenvolvem trabalhos burocráticos na universidade). ✓ <u>Disciplina de Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) da POLI/UPE</u> (utiliza metodologias ativas como sala de aula invertida e a avaliação é realizada de forma contínua nas atividades de ensino-pesquisa-extensão).
<i>Opinião/sugestões</i>	
06	<p>Formas de avaliação dos discentes</p> <p>Tão importante quanto escolher a estratégia de aprendizagem é saber o que avaliar e como avaliar. As formas de avaliação apontadas na pesquisa foram a diagnóstica, formativa e somativa; a avaliação como uma forma de reforçar o aprendizado.</p>
<i>Opinião/sugestões</i>	
07	<p>Sustentabilidade e Direitos Humanos</p> <p>Apesar da importância dos temas pouco foi encontrado nos PPC, os destaques foram:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Disciplina de TAS da POLI/UPE</u> (por abordar a temática sustentabilidade de forma direta e uma ementa compatível e contemporânea com as exigências das diretrizes curriculares do CNE (2018), porém é uma disciplina eletiva de extensão). ✓ <u>Disciplina Elementos de Sociologia da UFPE</u> (trata de forma direta os conceitos sobre os direitos humanos). ✓ <u>IES internacionais</u> (grande variedade de disciplinas envolvendo humanidades, artes e ciências sociais).

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>A revisão sistemática da literatura</u> apontou que as questões sobre sustentabilidade podem ser abordadas de forma direta ou transversal nas diversas disciplinas do curso, a partir das implicações climáticas, escassez de recursos naturais, importância da ética, justiça socioambiental e prevenção de acidentes.
<i>Opinião/sugestões</i>	
08	Inovação
	<p>No quesito inovação se destacaram:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Laboratório InovaLab@POLI da POLI/USP</u> (por ser um ambiente colaborativo e multidisciplinar avançado). ✓ <u>BIM no 1º período da UFPE</u> (mediante disciplina obrigatória e integrada as demais disciplina do curso de Engenharia Civil). ✓ <u>Diretoria de Inovação e Metodologias Ativas da UFMG</u> (por promover reflexões e troca de conhecimento sobre as práticas de ensino inovadoras nas IES). ✓ <u>IES internacionais</u> (recrutar e reter os melhores profissionais para garantir que permaneçam como líder no mercado mundial; diversidade, principalmente dos grupos sub-representados por meio de cotas, pois quanto mais diversa a equipe maiores as chances de obter sucesso em seus projetos e visão internacional).
<i>Opinião/sugestões</i>	
09	Alunos envolvidos com pesquisa
	Cerca de 90% dos alunos da graduação do Caltech, podendo ser um dos indicadores do alto número de publicações científicas.
<i>Opinião/sugestões</i>	
10	Componentes curriculares
	As IES internacionais oferecem 4 disciplinas obrigatórias direcionadas a escrita acadêmica, podendo ser mais um indicador do grande número de publicações científicas.
<i>Opinião/sugestões</i>	
11	Biblioteca
	Nas IES internacionais funcionam 7 dias por semana, até altas hora da noite; plataforma que direciona o material conforme o perfil do aluno; e empréstimos de dispositivos eletrônicos.
<i>Opinião/sugestões</i>	
12	Orientação
	Nas IES internacionais a orientação ocorre a partir do 1º ano e se estende até a formatura, com o objetivo de direcionar o aluno para a indústria ou área acadêmica.
<i>Opinião/sugestões</i>	
13	Saúde e bem-estar
	Nas IES internacionais existe mais de 50 modalidades esportivas, pois os alunos são obrigados a praticar esporte e inclusive a nadar. Também é possível encontrar diversos tipos de espaços

	dedicados a saúde e o bem-estar, como os espaços para meditação, oração e clubes para lazer. Além do acompanhamento da saúde física e mental dos alunos, podendo ser desenvolvido um ensino personalizado, caso precise, para que o aluno não seja prejudicado durante o semestre letivo.
<i>Opinião/sugestões</i>	
14	Habilidades e tecnologias necessárias ao engenheiro civil
	Espírito de liderança, competências linguísticas, ser capaz de fazer análise e modelagem de dados, conhecer as tecnologias da informação, ser alfabetizado cientificamente, saber lidar com tecnologias de geoinformação, big data e o BIM, conhecer os ODS, visão holística, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, comprometido com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.
<i>Opinião/sugestões</i>	
15	Perfil de professor habilitado para capacitar o engenheiro civil
	Educadores que abordem problemas complexos de forma sistêmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais. Assim como, educadores com a função de orientar os alunos a se questionarem sempre sobre suas ações ao longo da sua vida profissional e capaz de preparar técnicos-cidadãos, sem esquecer dos ODS e da ética.
<i>Opinião/sugestões</i>	

ANEXOS

ANEXO A – Email recebido da UFMG

26/01/2023 15:16

E-mail de Escola Politécnica de Pernambuco - Projeto Pedagógico de Curso (PPC)



Maria Cristina Alves de Lima <mcal@poli.br>

Projeto Pedagógico de Curso (PPC)

Colegiado de Graduação em Engenharia Civil da UFMG <colcivil@cce.ufmg.br>
Para: Maria Cristina Alves de Lima <mcal@poli.br>

11 de janeiro de 2023 às 13:33

Prezada Maria Cristina, boa tarde!

Segue o documento solicitado.

Obs.: informamos que o Curso de Graduação em Engenharia Civil da UFMG está em fase de elaboração da proposta para reforma curricular, a qual deverá ser implantada a partir de 2023. Desta forma, apesar de vigente, o atual documento intitulado "Projeto Pedagógico do Curso" está ultrapassado.

Atenciosamente,

Fabiola Lemos
Colegiado de Coordenação Didática do Curso
de Graduação em Engenharia Civil - UFMG
(31) 3409 - 1758

De: "Maria Cristina Alves de Lima" <mcal@poli.br>
Para: "Colegiado de Engenharia Civil da UFMG" <colcivil@cce.ufmg.br>
Enviadas: Quarta-feira, 11 de janeiro de 2023 12:18:41
Assunto: Projeto Pedagógico de Curso (PPC)

[Texto das mensagens anteriores oculto]

 PROJETO PEDAGÓGICO CURSO ENGENHARIA CIVIL - VERSÃO 2015-1-1.pdf
286K

ANEXO B – Email recebido da UFPR

26/01/2023 15:30 E-mail de Escola Politécnica de Pernambuco - Projeto Pedagógico de Curso (PPC)

 Maria Cristina Alves de Lima <mcal@poli.br>

Projeto Pedagógico de Curso (PPC)

Secretaria Engenharia Civil (cem) Pontal do Paraná <secretaria_engcivil.cem@ufpr.br> 12 de janeiro de 2023 às 14:12
 Para: Maria Cristina Alves de Lima <mcal@poli.br>

Boa tarde,

Envio em anexo o PPC atual do curso de Engenharia Civil iniciado no primeiro semestre de 2022. Juntamente, encaminho um fluxograma das disciplinas em cada semestre.

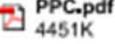
Atenciosamente,
 Flávio Martins de Araújo
 Secretário do Curso de Graduação em Engenharia Civil
 Universidade Federal do Paraná
 Campus Pontal do Paraná - CEM
 Avenida Boira Mar, SN
 CEP: 83255-976 - Caixa Postal 61
 Balneário Pontal do Sul - Pontal do Paraná/PR
Horário de Atendimento: Segunda à Sexta.
 Das 08:30hrs até 12:00hrs / 13:00hrs até 17:30hrs

De: Maria Cristina Alves de Lima <mcal@poli.br>
 Enviado: quinta-feira, 12 de janeiro de 2023 12:59
 Para: Secretaria Engenharia Civil (cem) Pontal do Paraná <secretaria_engcivil.cem@ufpr.br>
 Assunto: Projeto Pedagógico de Curso (PPC)

[Texto das mensagens anteriores oculto]

2 anexos

 documento.jpg
363K

 PPC.pdf
4451K

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ikno4fcb286&view=pt&search=poli&permmsgid=msg-f%3A175483756009264263&simlmsgid=161361754837...> 1/3

ANEXO D – Formas de incorporar as metodologias ativas da Caltech

How can you incorporate active learning into the classroom?

There are many ways to use active learning in the classroom. The following brief list summarizes some simple approaches described by others (Active learning, n.d.; Felder & Brent, 1994; Felder & Brent, Fall 2003; Felder & Brent, Summer 1994; Paulson & Faust, n.d.).

- ♦ **Clarification Pauses.** This is a simple technique aimed at fostering "active listening". Throughout a lecture, particularly after stating an important point or defining a key concept, stop, let it sink in, and then (after waiting a bit!) ask if anyone needs to have it clarified. Or, ask students to review their notes and ask questions on what they've written so far.
- ♦ **Writing Activities such as the "Minute Paper."** At an appropriate point in the lecture, ask the students to take out a blank sheet of paper. Then, ask the topic or question you want students to address; for example, "Today, we discussed conductive heat transfer. List as many of the principal features of this process as you can remember. You have two minutes – go!"
- ♦ **Self-Assessment:** Students receive a quiz (typically ungraded) or a checklist of ideas to determine their understanding of the subject. Concept inventories or similar tools may be used at the beginning of the semester or the chapter for students to help students identify their misconceptions.
- ♦ **Large Group Discussion:** Students discuss a topic in class based on a reading, video, or a problem. The instructor may prepare a list of questions to facilitate the discussion.
- ♦ **Think-Pair-Share.** Have students first work on a given problem individually, then compare their answers with a partner and synthesize a joint solution to share with the class.
- ♦ **Cooperative Groups in Class (Informal Groups, Triad Groups, etc)** - Pose a question on which each cooperative group will work while you circulate around the room answering questions, asking further questions, keeping the groups on task, and so forth. After an appropriate time for group discussion, ask students to share their discussion points with the rest of the class.
- ♦ **Peer Review:** Students are asked to complete an individual homework assignment or short paper. On the day the assignment is due, students submit one copy to the instructor to be graded and one copy to their partner. Each student then takes their partner's work and depending on the nature of the assignment gives critical feedback, corrects mistakes in problem-solving or grammar, and so forth.
- ♦ **Group Evaluations:** Similar to peer review, students may evaluate group presentations or documents to assess the quality of the content and delivery of information.
- ♦ **Brainstorming.** Introduce a topic or problem and then ask for student input. Give students a minute to write down their ideas, and then record them on the board. For example, "What are possible safety (environmental, quality control) problems we might encounter with the process unit we just designed?" could be a brainstorm topic in an engineering class.
- ♦ **Case Studies.** Use real-life stories that describe what happened to a community, family, school, industry or individual to prompt students to integrate their classroom knowledge with their knowledge of real-world situations, actions, and consequences.
- ♦ **Hands-on Technology:** Students use technology such as simulation programs to get a deeper understanding of course concepts. For instance students could use simulation software to design a radio antenna with the ultimate goal of understanding electromagnetism.
- ♦ **Interactive Lecture:** Instructor breaks up the lecture at least once per class to have all of the students participate in an activity that lets them work directly with the material. Students could observe and interpret features of images, interpret graphs, make calculation and estimates, etc.
- ♦ **Active Review Sessions (Games or Simulations):** The instructor poses questions and the students work on them in groups. Then students are asked to show their solutions to the whole group and discuss any differences among solutions proposed.
- ♦ **Role Playing:** Here students are asked to "act out" a part. In doing so, they get a better idea of the concepts and theories being discussed. Role-playing exercises can range from the simple (e.g., "What would you do if a client rejects your engineering design concept based on the cost and usability of the product?") to the complex.
- ♦ **Jigsaw Discussion.** In this technique, a general topic is divided into smaller, interrelated pieces (e.g., the puzzle is divided into pieces). Each member of a team is assigned to read and become an expert on a different topic. After each person has become an expert on their piece of the puzzle, they teach the other team members about that puzzle piece. Finally, after each person has finished teaching, the puzzle has been reassembled and everyone in the team knows something important about every piece of the puzzle.
- ♦ **Inquiry Learning:** Students use an investigative process to discover scientific or engineering concepts for themselves. After the instructor identifies an idea or concept for mastery. A question is posed that asks students to make observations, pose hypotheses, and speculate on conclusions. Then students are enlisted to tie the activity back to the main idea/concept.
- ♦ **Forum Theater:** Use theater to depict a situation and then have students enter into the sketch to act out possible solutions. If students were watching a sketch on dysfunctional teams, have students brainstorm possible suggestions for how to improve the team environment. Then, ask for volunteers to try to act out the updated scene.
- ♦ **Experiential Learning:** Plan site visits that allow students to see and experience applications to the theory/concepts discussed in the class.

Active learning. (n.d.). Retrieved September 1, 2005, from University of California at Davis, Teaching Resources Center Web site: <http://trc.ucdavis.edu/trc/ta/activelearning.pdf>

Felder, R.M., & Brent, R. (1994). Cooperative learning in technical courses: Procedures, pitfalls, and payoffs. *ERIC Document Reproduction Service, ED 377038*.

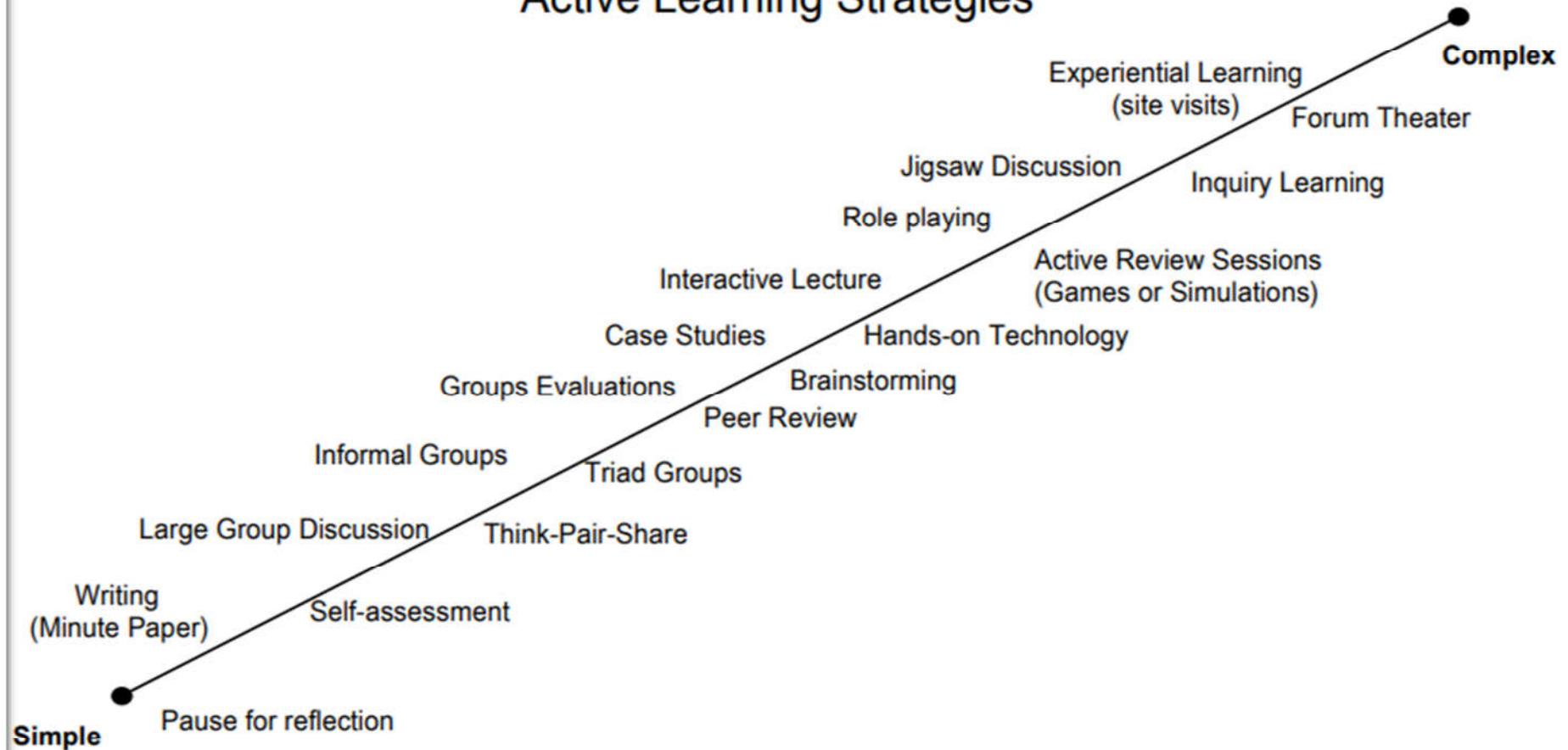
Felder, R.M., & Brent, R. (Fall 2003). Learning by doing. *Chemical Engineering Education, 37*(4), 282-283.

Felder, R.M., & Brent, R. (Summer 1994). Any questions? *Chemical Engineering Education, 28*(3), 174-175.

McKeachie, W.J. (2005). How to make lectures more effective. In *Teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers* (11th ed.) (pp. 52-68). New York: Houghton Mifflin Co.

Paulson, D.R., & Faust, J.L. (n.d.). Active learning for the college classroom. Retrieved September 1, 2005, from California State University, L.A. Web site: <http://www.calstatela.edu/dept/chem/chem2/Active/>

Active Learning Strategies



This is a spectrum of some active learning activities arranged by complexity and classroom time commitment.

Prepared by Chris O'Neal and Tershia Pinder-Grover, Center for Research on Learning and Teaching, University of Michigan