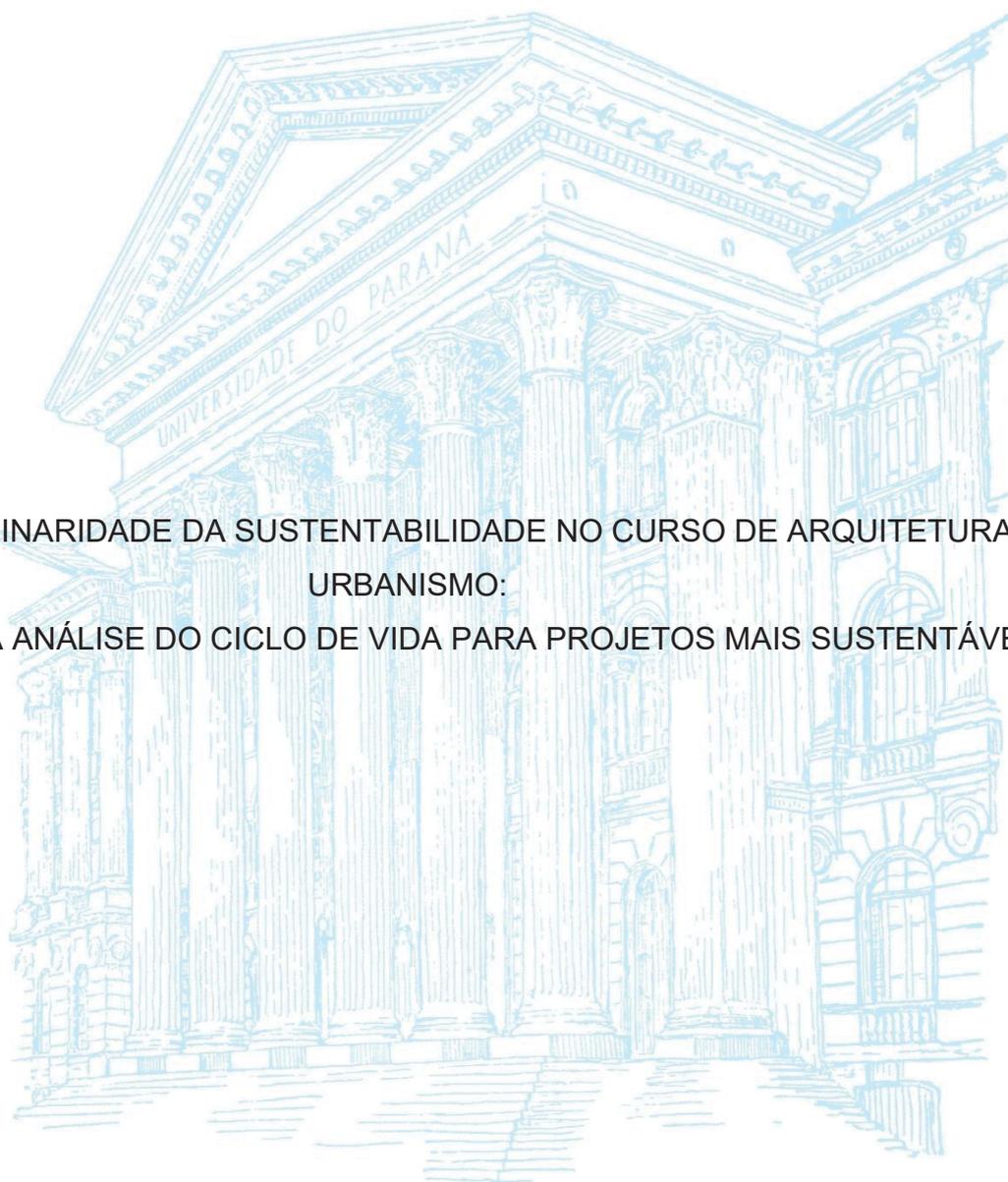


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LILIAN CRISTINE WITICOVSKI GUINOZA



TRANSDISCIPLINARIDADE DA SUSTENTABILIDADE NO CURSO DE ARQUITETURA E
URBANISMO:
CONCEITOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA PARA PROJETOS MAIS SUSTENTÁVEIS

CURITIBA

2022

LILIAN CRISTINE WITICOVSKI GUINOZA

TRANSDISCIPLINARIDADE DA SUSTENTABILIDADE NO CURSO DE ARQUITETURA E
URBANISMO:
CONCEITOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA PARA PROJETOS MAIS SUSTENTÁVEIS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, área de concentração em Ambiente Construído, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil.

Orientador: Sergio Fernando Tavares

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Guinoza, Lilian Cristine Witicovski

Transdisciplinaridade da sustentabilidade no curso de Arquitetura e Urbanismo : conceitos da análise do ciclo de vida para projetos mais sustentáveis. / Lilian Cristine Witicovski Guinoza. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares.

1. Engenharia civil. 2. Transdisciplinaridade. 3. Projeto arquitetônico. 4. Currículos – Estudo e ensino. I. Tavares, Sergio Fernando. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL -
40001016049P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LILIAN CRISTINE WITICOVSKI GUINOZA** intitulada: **Transdisciplinaridade da sustentabilidade no curso de arquitetura e urbanismo: conceitos da análise do ciclo de vida para projetos mais sustentáveis**, sob orientação do Prof. Dr. SÉRGIO FERNANDO TAVARES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Abril de 2022.

Assinatura Eletrônica
26/04/2022 15:10:20.0
SÉRGIO FERNANDO TAVARES
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
27/04/2022 10:09:48.0
ROSANGELA DE FATIMA STANKOWITZ
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
26/04/2022 16:03:43.0
CRISTIANE BUENO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS)

Assinatura Eletrônica
27/04/2022 08:42:04.0
SÉRGIO SCHEER
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esta tese aos meus filhos: Nicolas e Lorenzo que compreenderam a minha ausência. Ao meu esposo Alexandre cuja dedicação e paciência serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho. Aos meus pais Vera e Israel que me motivaram com todo amor e carinho. Aos meus professores: Sergio Tavares, Maria do Carmo e Sergio Scheer por serem uma constante fonte de motivação e incentivo.

RESUMO

Esta tese discute a estratégia da transdisciplinaridade em disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo com conceitos da Análise do Ciclo de Vida. O curso de Arquitetura tem apresentado lacunas no processo de formação quanto às questões relativas à sustentabilidade, a partir dessa problemática, a estratégia da transdisciplinaridade empreendida na graduação promove uma formação mais assertiva para o aprendizado acadêmico desenvolvendo habilidades e competências para a elaboração de projetos mais sustentáveis. Esse pressuposto requer que a disciplina âncora, projeto de arquitetura do curso, caminhe paralelamente de maneira transdisciplinar, com disciplinas que afirmem os conceitos de sustentabilidade em um currículo integrado. Assim, com o objetivo de motivar o aprimoramento no ensino de projetos arquitetônicos sustentáveis, de forma transdisciplinar, a partir dos conceitos da Análise do Ciclo de Vida (ACV) nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, a pesquisa foi dividida em 5 etapas. As etapas 1 e 3 consistiram no embasamento teórico que foi intercalada (etapa 2) com a proposta de um projeto piloto acerca da temática por meio de simulação computacional de uma ACV. Os resultados embasaram a pesquisa-ação em que a problemática identificada no Projeto Piloto foi inserida como conteúdo em disciplinas isoladas contendo os conceitos de ACV (etapa 4). Como um ciclo, o conjunto de conhecimentos foi aplicado no Trabalho Final de Graduação com a proposta de projetos mais sustentáveis. A Etapa 5 consistiu na análise do objeto de estudo. A condução das disciplinas foi inspirada na Norma Europeia EN15804 sobre ciclo de vida das edificações, e como proposta pedagógica de aplicação sistematizou-se um *roadmap* sendo que a sustentabilidade esteve transdisciplinar entre disciplinas com conteúdo transversais elencados por competências. As estratégias didático-pedagógicas foram relacionadas às atividades e às atribuições referentes ao docente tanto quanto ao acadêmico. Como resultado desses processos a tese propõe e discute a importância da temática nas disciplinas modeladas por competências em um contexto transdisciplinar, de modo que ocorra a capacitação do acadêmico após a inserção dos conceitos de ACV na fase projetual inicial, dada a aquisição da compreensão sobre os materiais construtivos e seus reais impactos, sobre a tecnologia construtiva e os materiais necessários, sobre o processo de execução aliado à gestão projetual. Desta forma se pretende uma compreensão holística para projetos mais sustentáveis.

Palavras-chaves: sustentabilidade; Análise do Ciclo de Vida (ACV); transdisciplinaridade; projeto arquitetônico sustentável; Arquitetura e Urbanismo.

ABSTRACT

This doctoral thesis discusses the strategy of transdisciplinarity in courses of the Architecture and Urbanism undergraduate program with concepts of Life Cycle Assessment (LCA). Architecture Undergraduate programs have presented gaps in education regarding topics related to sustainability. Based on this problem, the strategy of transdisciplinarity applied during undergraduate courses can promote a more assertive training for academic learning through skills and competences for the elaboration of more sustainable projects. This assumption requires the anchor discipline, architectural design, to move side by side and in a transdisciplinary way with courses that affirm the concepts of sustainability in an integrated curriculum. Thus, with the objective of supporting improvement in teaching sustainable architectural design in Architecture and Urbanism undergraduate courses, in a transdisciplinary way and based on the concepts of LCA, this research thesis was divided into 5 stages. Stages 1 and 3 consisted of the theoretical basis that was interspersed (stage 2) with the proposal of a Pilot Project on the subject through computer simulation of an LCA study. The results supported the action-research in which the problem identified in the Pilot Project was inserted as content in isolated courses containing the LCA concepts (stage 4). As a cycle, the set of knowledge was applied in the Graduation Final Project with the proposal of more sustainable projects. Stage 5 consisted of analyzing the study object. The conduction of the courses was inspired by the European Standard EN15804 regarding the life cycle of buildings, and as a pedagogical proposal for application, a roadmap was systematized containing the transdisciplinarity among courses with transversal contents listed by competences. In addition, the didactic-pedagogical strategies were related to activities under the professors' practices and undergraduate students' goals. As a result of these processes, this thesis proposes and discusses the importance of LCA approach in courses modeled by competences in a transdisciplinary context, so that it enables the student to insert LCA concepts in the initial design phase, given the attainment of understanding about constructive materials and their real impacts, the constructive technology and the applied materials, and the building process allied to the project management. Thence, a holistic understanding is intended for more sustainable projects.

Keywords: sustainability; Life Cycle Assessment (LCA); transdisciplinarity; sustainable architectural design; Architecture and Urbanism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – INVENTÁRIO DA ACV E OS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL	38
FIGURA 2 – ACV DE ACORDO COM A EN 15804.	39
FIGURA 3 – INSTALAÇÃO COM TIJOLOS BIOPLÁSTICOS EM MILÃO	40
FIGURA 4 – TERMOS PARA REÚSO DE MATERIAIS	43
FIGURA 5 – CASA CIRCULAR.	44
FIGURA 6 – CASA DA CASCATA, FRANK LLOYD WRIGHT, 1939.	52
FIGURA 7 – BANCO ITAÚ, RINO LEVI.	54
FIGURA 8 – O DESIGN CIRCULAR EM TODOS OS ESTÁGIOS DA CONSTRUÇÃO.	67
FIGURA 9 – COMPOSIÇÃO REVERSÍVEL DO SISTEMA DE MÓDULOS.	68
FIGURA 10 – ESQUEMA DA ESTRUTURA DO GREEN TRANSFORMABLE BUILDING LAB.	69
FIGURA 11 – FASE 1 DO GREEN DESIGN CENTER.	69
FIGURA 12 – TRANSFORMAÇÃO DIGITAL.	70
FIGURA 13 – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2021.	80
FIGURA 14 – CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA EDIFICAÇÃO.	81
FIGURA 15 – ETIQUETA PBE EDIFICA.	82
FIGURA 16 – ESTRATÉGIAS, OBJETIVOS E PROTOCOLO DE PESQUISA.	90
FIGURA 17 – ESTRUTURA DA PESQUISA EM ETAPAS.	91
FIGURA 18 – PERCURSO DA EXPLORAÇÃO DA REVISÃO DA LITERATURA.	93
FIGURA 19 – PROCEDIMENTO DA REVISÃO SISTEMÉTICA ACV E BIM.	94
FIGURA 20 – PROCEDIMENTO DA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA ACV E BIM.	95
FIGURA 21 – PROCEDIMENTO DA RS ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE.	95
FIGURA 22 – GRUPOS DE FATORES DA REVERSIBILIDADE TÉCNICA	100
FIGURA 23 – TERMOS RECORRENTES NAS ANÁLISE DE DISCIPLINAS	110
FIGURA 24 – IMPACTOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS	111
FIGURA 25 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E RACIONALIZAÇÃO DA ÁGUA NAS DISCIPLINAS	111
FIGURA 26 – RACIONALIZAÇÃO DE RECURSOS, DESEMPENHO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NAS DISCIPLINAS	112
FIGURA 27 – PROCESSO DE ACV NO PROJETO PILOTO	114
FIGURA 28 – RELAÇÃO DO PROJETO PILOTO COM AS DISCIPLINAS DE AU	116
FIGURA 29 – TRANSVERSALIDADE DE INSERÇÃO DA ACV EM DISCIPLINAS DE AU	117
FIGURA 30 – ROADMAP DA RELAÇÃO ENTRE AS ESTRATÉGIAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS DAS DISCIPLINAS E A ACV.	119
FIGURA 31 – ESTÁGIO DE PRODUTO, ETAPA PRÉ-OPERACIONAL	122
FIGURA 32 – PLANO DE DISCIPLINA PRODUTO IES A.	123
FIGURA 33 – COMPETÊNCIAS PRODUTO	124
FIGURA 34 – PLANEJAMENTO PRODUTO	125
FIGURA 35 – ATIVIDADE PRODUTO	126
FIGURA 36 – ESTÁGIO DE CONSTRUÇÃO, ETAPA PRÉ-OPERACIONAL	128
FIGURA 37 – PLANO DE DISCIPLINA CONSTRUÇÃO IES A.	129
FIGURA 38 – COMPETÊNCIAS CONSTRUÇÃO	130
FIGURA 39 – PLANEJAMENTO CONSTRUÇÃO	131
FIGURA 40 – MAPA MENTAL CONSTRUÇÃO	133
FIGURA 41 – ATIVIDADE CONSTRUÇÃO	134
FIGURA 42 – ROTEIRO ATIVIDADE CONSTRUÇÃO	135
FIGURA 43 – MAQUETE DE CONSTRUÇÃO	137
FIGURA 44 – SEMINÁRIO FINAL CONSTRUÇÃO	137
FIGURA 45 – EXPOSIÇÃO DA MAQUETE	138
FIGURA 46 – AMBIENTE VIRTUAL IES B	139
FIGURA 47 – ESTÁGIO DE USO, ETAPA OPERACIONAL.	140
FIGURA 48 – PLANO DE DISCIPLINA USO IES B	141
FIGURA 49 – COMPETÊNCIAS USO	142

FIGURA 50 – PLANEJAMENTO USO	143
FIGURA 51 – ATIVIDADE USO	145
FIGURA 52 – ROTEIRO ATIVIDADE USO	146
FIGURA 53 – PROJETO ARQUITETÔNICO	147
FIGURA 54 – BRIEFING PROJETO COMPLEMENTAR	148
FIGURA 55 – PAINEL SEMÂNTICO	148
FIGURA 56 – PLANILHA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	149
FIGURA 57 – LISTA DE EQUIPAMENTOS	150
FIGURA 58 – LUMINÁRIA.	150
FIGURA 59 – ESTÁGIO ALÉM DO FIM DA VIDA, ETAPA PÓS-OPERACIONAL.	152
FIGURA 60 – COMPETÊNCIAS ALÉM DO CV	153
FIGURA 61 – PLANEJAMENTO ALÉM DO CV	154
FIGURA 62 – ATIVIDADE ALÉM DO CV	156
FIGURA 63 – ROTEIRO ATIVIDADE ALÉM CV	157
FIGURA 64 – BRIEFING PARA DESMONTAGEM /MONTAGEM	157
FIGURA 65 – CORRELATO DESMONTAGEM/ MONTAGEM	158
FIGURA 66 – ESQUEMA DE MONTAGEM	158
FIGURA 67 – PRANCHA TÉCNICA	159
FIGURA 68 – PRANCHA CONCEITUAL 1	160
FIGURA 69 – PRANCHA CONCEITUAL 2	160
FIGURA 70 – COMPETÊNCIAS TFG A	161
FIGURA 71 – ATIVIDADE TFG	162
FIGURA 72 – ROTEIRO DO PROJETO TFG A	163
FIGURA 73 – ROTEIRO DO PROJETO TFG B	165
FIGURA 74 – ROADMAP	167
FIGURA 75 – PARTIDO ARQUITETÔNICO DO TFG A E B	168
FIGURA 76 – GRUPOS DE FATORES DA REVERSIBILIDADE TÉCNICA	175
FIGURA 77 – TIPO DE CONEXÕES	177
FIGURA 78 – PROPOSTA DE MELHORIA DO ROADMAP	180

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE	27
QUADRO 2 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE	28
QUADRO 3 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE	45
QUADRO 4 – SÍNTESE DOS CONCEITOS DE COMPETÊNCIAS	47
QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DA PLURI, INTER E TRANSDISCIPLINARIDADE	50
QUADRO 6 – PRODUTOS BRASILEIROS COM EPD®	62
QUADRO 7 – METODOLOGIA DA REVISÃO SISTEMÁTICA	75
QUADRO 8 – CATEGORIAS PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO	79
QUADRO 9 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.	88
QUADRO 10 – SÍNTESE DOS CONCEITOS DE COMPETÊNCIAS	97
QUADRO 11 – TÁTICAS DE VALIDAÇÃO DA PESQUISA	98
QUADRO 12 – CONCEITOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE TECNOLOGIA EM AU	98
QUADRO 13 – CRITÉRIOS QUALITATIVOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	99
QUADRO 14 – ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS IES A	103
QUADRO 15 – ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS IES B.	106
QUADRO 16 – SÍNTESE DAS DISCIPLINAS IES PARANÁ	109
QUADRO 17 – CONCEITOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE MATERIAIS	169
QUADRO 18 – CONCEITOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONSTRUÇÃO	171
QUADRO 19 – CRITÉRIOS QUALITATIVOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	173
QUADRO 20 – CATEGORIAS PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO	178
QUADRO 21 – DISCIPLINAS DA IES C PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.	208
QUADRO 22 – DISCIPLINAS DA IES D PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.	212
QUADRO 23 – DISCIPLINAS DA IES E PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.	213
QUADRO 24 – DISCIPLINAS DA IES F PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.	215

LISTA DE TABELAS

<i>TABELA 1 - AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM DA SUSTENTABILIDADE</i>	<u>25</u>
<i>TABELA 2 - MATERIAIS ESPECIFICADOS DE ACORDO COM O CADERNO DA CAIXA.</i>	<u>115</u>

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS FEDERAIS _____	22
GRÁFICO 2 – TEMA SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS DE AU _____	24
GRÁFICO 3 – ABORDAGEM DA SUSTENTABILIDADE NA GRADUAÇÃO POR ALUNOS. _____	24
GRÁFICO 4 – CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ENERGIA PARA OS DIFERENTES USUÁRIOS _____	83

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE GRÁFICOS	12
SUMÁRIO	13
INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA	20
1.2 PRESSUPOSTO	20
1.3 OBJETIVO GERAL.....	21
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.5 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	21
1.6 INEDITISMO, ORIGINALIDADE, INOVAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL.....	26
1.7 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	29
2 SUSTENTABILIDADE NO ENSINO DA ARQUITETURA E URBANISMO.....	30
2.1 ESTADO D'ARTE – ENSINO DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	33
2.2 ESTRATÉGIA PARA PROJETO MAIS SUSTENTÁVEIS	37
2.2.1 Estágio de produto	39
2.2.2 Estágio de construção	41
2.2.3 Estágio de uso	41
2.2.4 Estágio de além do ciclo de vida.....	42
2.3 ESTRATÉGIAS DE ENSINO	45
2.3.1 Desenvolvimento de competências para o ensino.....	46
2.3.2 Transdisciplinaridade e interdisciplinaridade.....	49
2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO	51
3 ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE.....	52
3.1 ESTADO D'ARTE – ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	55
3.2 ESTADO D'ARTE - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL	58
3.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA EM EDIFICAÇÕES	60
3.3.1 Rótulos e declarações ambientais - Princípios Gerais.....	61
3.3.2 Estado d'arte de ACV em edificações.....	63
3.3.3 Análise do Ciclo de Vida – Normatização.....	65
3.3.4 Cradle to cradle - do berço ao berço.....	67
3.3.5 Building as Material Bank (BAMB)	67
3.4 BUILDING INFORMATION MODELING E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	70
3.4.1 Nível de desenvolvimento.....	71
3.4.2 Revisão da Literatura Internacional	72

3.4.3	Revisão da Literatura Nacional	74
3.5	CERTIFICAÇÕES DE DESEMPENHO AMBIENTAL	78
3.6	ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES	80
3.7	DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS	84
3.8	SÍNTESE DO CAPÍTULO	86
4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	87
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	87
4.2	ETAPAS DE PESQUISA	89
4.2.1	Revisão Bibliográfica	92
4.2.2	Projeto Piloto	96
4.2.3	Protocolo de inclusão ACV nas disciplinas	97
5	DESCRIÇÃO DOS CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DESTA	
PESQUISA	101
5.1	PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA.....	101
5.1.1	Curso de Arquitetura e Urbanismo da Instituição de Ensino Superior A	
	102	
5.1.2	Curso de Arquitetura e Urbanismo Instituição de Ensino Superior B	105
5.1.3	Trabalho Final de Graduação das IES A e B	107
5.1.4	Análise de Instituições de Ensino Superior Públicos do Paraná	107
5.2	MODELAGEM DO PROJETO PILOTO	113
5.2.1	Estratégia de inserção do Projeto Piloto no curso de Arquitetura	117
6	PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE ANÁLISE DO CICLO DE	
VIDA	119	
6.1	ESTRATÉGIA PARA PROJETO MAIS SUSTENTÁVEIS.....	120
6.2	DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE PRODUTO	121
6.2.1	Experiência da disciplina de Ciências e Tecnologia dos Materiais	121
6.2.2	Planejamento da disciplina	123
6.2.3	Planejamento da aula	125
6.2.4	Planejamento da atividade	126
6.3	DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE CONSTRUÇÃO.....	128
6.3.1	Experiência da disciplina de Tecnologia da Construção III	128
6.3.2	Planejamento da disciplina	129
6.3.3	Planejamento da aula	131
6.3.4	Planejamento da atividade	134
6.4	DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE USO	139
6.4.1	Experiência da disciplina de Instalações Prediais	139
6.4.2	Planejamento da disciplina	140
6.4.3	Planejamento da aula	143
6.4.4	Planejamento da atividade	145
6.5	DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO ALÉM DO CICLO DE VIDA	

6.5.1	<i>Experiência da disciplina Tecnologia da Construção III</i>	151
6.5.2	<i>Planejamento da disciplina</i>	152
6.5.3	<i>Planejamento da aula</i>	154
6.5.4	<i>Planejamento da atividade</i>	155
6.6	TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO	161
6.6.1	<i>Planejamento do trabalho</i>	161
6.6.2	<i>Planejamento da atividade</i>	162
6.7	SÍNTESE DO CAPÍTULO	166
7	ANÁLISE	169
7.1	ESTÁGIO PRODUTO	169
7.2	ESTÁGIO CONSTRUÇÃO	171
7.3	ESTÁGIO USO	173
7.4	ESTÁGIO ALÉM DO CICLO DE VIDA	175
7.5	ANÁLISE DAS DISCIPLINAS EM CONJUNTO	178
7.6	TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO	179
7.7	PROPOSTA DE MELHORIA	180
8	CONCLUSÕES	182
	REFERÊNCIAS	187
	APÊNDICE	208

INTRODUÇÃO

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) tem se configurado como uma noção significativa nas discussões que permeiam a formação do arquiteto-urbanista. Isso porque a ACV possibilita uma avaliação acerca da sustentabilidade de seus produtos, serviços e ações, no processo de projeto. Implica também em considerar os impactos ao longo do ciclo de vida do edifício, contabilizando os consumos de recursos e a geração de emissões para o meio ambiente.

A relevância dessa noção está na urgência mundial de se refletir e conscientizar os arquitetos e urbanistas em formação sobre as questões relativas à sustentabilidade. Entre as responsabilidades da formação está a compreender que o processo do projeto envolve desde a extração das matérias-primas; passando pelo processo industrial de cada material, pela fase de uso e manutenção; até chegar a sua destinação final, como resíduo, reuso ou início de um novo ciclo.

Nessa perspectiva, em construções sustentáveis estariam aplicados os princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo de vida detalhado. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos (CIB, 1999; EPA, 1996, apud TAVARES, 2006).

De acordo Dziura e do Carmo (2020, p.13), qualquer intervenção humana no ambiente natural causa modificações nesse sistema. São como pegadas que deixamos ao caminhar na areia. Essa é a origem do termo pegada ambiental (ou pegada ecológica), que sugere a avaliação o quanto será nosso impacto ambiental sobre o ambiente em que nossas ações ocorrerão. O termo também utilizado é pegada de carbono, ou seja, a alteração no equilíbrio natural de gases do efeito estufa, dentre os quais o carbono é o mais relevante.

Nesse modo de compreender elucidam-se que as decisões tomadas nas fases projetuais irão influenciar todas as fases subsequentes de produção e o ciclo de vida do edifício.

Tal perspectiva esclarece que a Análise do Ciclo de Vida (ACV) como diretriz do partido arquitetônico nos estágios iniciais do projeto realizada com o *Building Information Modeling* (BIM) proporciona vantagens no processo de tomada de decisões, na escolha de materiais que possuem menores impactos ambientais, na

integração e na troca de informações entre o modelo (BIM) e nas ferramentas de ACV integradas que determinam um envolvimento do time de projetos de forma integrada.

As questões ambientais e o uso de ferramentas computacionais no processo de projeto exigem a capacidade do arquiteto-urbanista de projetar reduzindo os impactos ambientais com baixo custo de produção e manutenção, tal fato, determina uma formação de arquitetos com conhecimentos aprofundados em técnicas de construção e eficiência energética (COSTA LIMA, 2014).

Apesar de se passarem cerca de 50 anos do despertar ecológico mundial, e de existir no Brasil número expressivo de grupos de pesquisa sobre sustentabilidade nos programas de pós-graduação bem como pesquisas consolidadas sobre sustentabilidade, ainda não é uma realidade no exercício profissional e no ambiente construído brasileiros (SMANIOTTO; TAVARES; FREITAS, 2020, p.1).

Esse cenário revela que os cursos brasileiros de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil registrados não apresentam propostas com soluções sustentáveis para as tecnologias construtivas (SMANIOTTO; TAVARES; FREITAS, 2020).

Além disso, ainda é preciso considerar a inércia brasileira do setor da construção civil que ainda utiliza a tradição construtiva em alvenaria e concreto, sem acompanhar as tendências europeias de escolhas de materiais com menores impactos ambientais.

No campo do ensino, com ênfase para o cenário nacional, a grande maioria das escolas de arquitetura ainda apresenta uma secção entre os ateliês de projeto e a aplicação dos conhecimentos básicos do conforto ambiental, da eficiência energética e da sustentabilidade (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

A partir dos anos 90, o MEC vem definindo diretrizes para a adaptação e correção de falhas nas grades curriculares de Arquitetura e Urbanismo até a atualidade, como a inclusão de disciplinas voltadas aos Estudos Sociais e Ambientais. Mesmo após as mudanças nos currículos, é necessário que os conceitos de Sustentabilidade sejam abordados de forma interdisciplinar, para garantir efetividade em sua empregabilidade (GRAFF; GOES, 2021).

Enquanto essas mudanças não acontecem, formam-se arquitetos e urbanistas despreparados, com grandes lacunas de conhecimento em relação à Arquitetura Sustentável (GRAFF; GOES, 2021).

Com base nessa inquietação, a proposição desta tese se inclina para a inclusão da abordagem da ACV a partir da transdisciplinaridade. Assim, parte-se dos seguintes princípios balizadores: durabilidade, necessidades sociais, equilíbrio ecológico e desenvolvimento sustentável.

Esses itens são necessários para a elaboração dos novos projetos pedagógicos de acordo com a **Resolução Nº 2, de 17 de junho de 2010, CNE/CES 2/2010**, que institui as **Diretrizes Curriculares Nacionais** do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006.

Os itens descritos a partir da **Resolução Nº 2**, serão pautadas nos itens referentes à temática desta tese para análise do Projeto Pedagógico. No projeto pedagógico do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, deverá incluir, sem prejuízos de outros, os seguintes aspectos: formas de realização da interdisciplinaridade; modos de integração entre teoria e prática; regulamentação das atividades relacionadas com o Trabalho de Curso (BRASIL, 2010).

A proposta pedagógica deverá assegurar a formação de profissionais generalistas, visando ao desenvolvimento de condutas e atitudes com responsabilidade técnica e social e terá por princípios: o equilíbrio ecológico e o desenvolvimento sustentável do ambiente natural e construído (BRASIL, 2010).

Nessa perspectiva, o curso de Arquitetura e Urbanismo deverá ensinar condições para que o futuro egresso tenha como perfil a proteção do equilíbrio do ambiente natural e a utilização racional dos recursos disponíveis (BRASIL, 2010).

O curso de Arquitetura e Urbanismo deverá possibilitar a formação de profissionais que revele as seguintes competências e habilidades: a compreensão das ações de avaliação dos impactos no meio ambiente, com vistas ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento sustentável; habilidades necessárias para conceber projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo considerando regulamentos legais, de modo a satisfazer as exigências ambientais; o entendimento das condições climáticas, acústicas, lumínicas e energéticas e o domínio das técnicas apropriadas a elas associadas (CNE/CES 2/2010).

Para alcançar essas competências, o Trabalho de Curso configura-se como componente curricular obrigatório e realizável ao longo do último ano de estudos, centrado em determinada área teórico-prática ou de formação profissional, como

atividade de síntese e integração de conhecimento e consolidação das técnicas de pesquisa, e observará os seguintes preceitos de acordo com a CNE/CES 2/2010:

I - Trabalho individual, com tema de livre escolha do aluno, obrigatoriamente relacionado com as atribuições profissionais;

II - Desenvolvimento sob a supervisão de professor orientador, escolhido pelo estudante entre os docentes do curso, a critério da Instituição;

De acordo com Oliveira et al. (2010), a compreensão das questões que informam as ações de preservação da paisagem e de avaliação dos impactos no meio ambiente, com vistas ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento sustentável, é uma das habilidades e competências que comporão a formação do profissional generalista arquiteto-urbanista.

Para melhorar seu currículo, tanto graduandos como egressos se veem na situação de buscar em especializações a bagagem que não receberam na graduação, relacionados ao ensino projetual com abordagem da sustentabilidade. Por isso, a importância em se repensar os currículos e projetos políticos pedagógicos de maneira sistêmica e interdisciplinar, baseada na cooperação e colaboração entre os docentes (SMANIOTTO; TAVARES; FREITAS, 2020).

Diante desse cenário, o quanto antes começar as devidas mudanças na arquitetura, esta passará de um processo de arte guiada pela aparência a um processo de arte guiada pelo desempenho.

Com foco na funcionalidade, o projeto de arquitetura aconteceria com soluções mais sustentáveis. Mas, para isso, o conhecimento sobre os impactos ambientais gerados na construção civil não deve ficar restritos apenas à programas de pós-graduação. Diante da estruturação das disciplinas isoladas até se chegar ao Trabalho Final de Graduação.

O projeto arquitetônico deve valorizar e considerar a qualidade e a análise ambiental como papel estratégico e inicial, buscando tecnologias, materiais e processos, voltados para perspectivas de médio e longo prazo, em busca de melhores resultados e alternativas que gerem menor impacto ambiental.

Admite-se a presença irreversível da tecnologia da informação na dinâmica profissional do arquiteto e que a adoção dessas ferramentas em sala de aula se faz urgente.

Para que ocorra mudanças reais, é fundamental uma aplicação prática dos conceitos de sustentabilidade no processo projetual, uma vez que se faça uma adequação dos planos de ensino, das instalações dos ateliês e salas de estudos para que haja integração entre as habilidades manuais e as novas tecnologias possam ser efetivamente implementadas.

Dessa forma, para uma arquitetura sustentável é necessária uma integração entre sustentabilidade, metodologia projetual e tecnologia (construtiva e da informação) em experiências de prática, ensino e pesquisa.

Assim como no mercado de trabalho, as análises ambientais acontecem de forma simultânea com interações entre grandes equipes do projeto e o proprietário, a vinculação do aprendizado estruturado a partir de projetos integrados e completos, proporcionam aos estudantes a compreensão do processo projetual como papel estratégico, voltados para perspectivas de médio e longo prazo em busca de melhores resultados e alternativas que proporcionem um menor impacto ambiental.

1.1 PROBLEMA

O curso de Arquitetura tem apresentado lacunas no processo de formação quanto às questões relativas à sustentabilidade. A compreensão teórica do que é a Análise do Ciclo de Vida, durante o curso de Arquitetura e Urbanismo instiga esta pesquisa a responder:

A estratégia da transdisciplinaridade em disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo com conceitos da Análise do Ciclo de Vida promove habilidades e competências para a elaboração de projetos mais sustentáveis?

1.2 PRESSUPOSTO

A partir dessa problemática, a estratégia da transdisciplinaridade empreendida na graduação poderá promover uma formação mais assertiva para o aprendizado acadêmico. Esse pressuposto requer que a disciplina âncora, projeto de arquitetura do curso, caminhe paralelamente de maneira transdisciplinar, com disciplinas que afirmem os conceitos de sustentabilidade em um currículo integrado.

1.3 OBJETIVO GERAL

A partir dos conceitos da Análise do Ciclo de Vida, desenvolver estratégias no ensino em diferentes disciplinas, de forma transdisciplinar a partir de um *roadmap*, para que os estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo apliquem os conceitos de sustentabilidade nas fases iniciais do projeto arquitetônico.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Explorar os conceitos da ACV na fase inicial de projeto arquitetônico com o uso do BIM.
- b) Definir critérios de inserção dos conceitos de ACV em disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo;
- c) Estruturar um *roadmap* de disciplinas relacionadas à ACV com as competências desenvolvidas na formação em projetos mais sustentáveis;

1.5 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

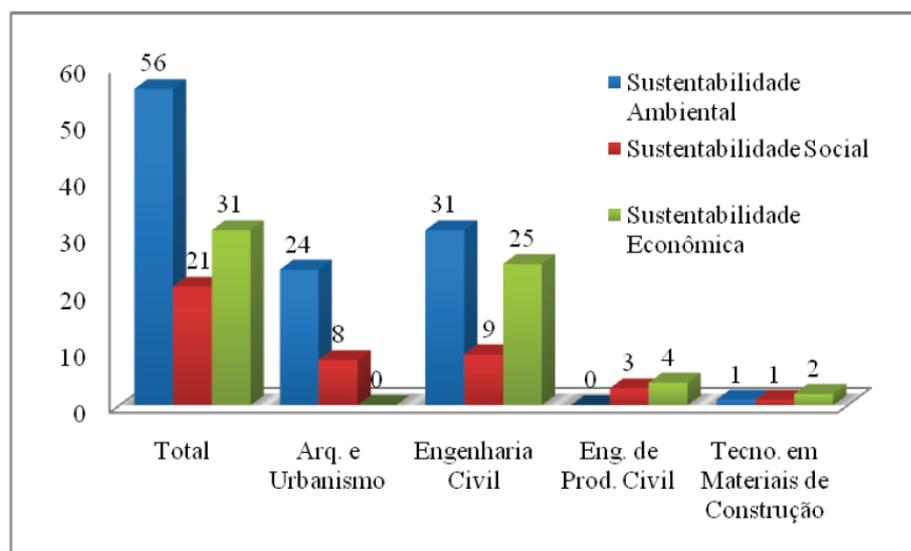
As discussões acerca da sustentabilidade no ensino do curso de arquitetura e urbanismo tornou-se um dos pré-requisitos exigidos pelas principais diretrizes normativas, entre elas: as **Diretrizes Nacionais (DCNs)**, mencionadas na introdução desta tese, as diretrizes do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU) e da União Internacional dos Arquitetos (UIA) sobre os seguintes aspectos pontuados por Lima, Georges e Merlin (2020):

- o CAU atribui aos arquitetos, no art. 2º, Inciso III estudo e avaliação dos impactos ambientais, licenciamento ambiental, utilização racional dos recursos disponíveis e desenvolvimento sustentável.
- a UIA cita: um desenvolvimento ecologicamente equilibrado e sustentável do ambiente construído e natural, incluindo o aproveitamento racional dos recursos disponíveis; compreensão do ciclo de vida dos materiais e das questões relacionadas com a sustentabilidade ecológica, com o impacto ambiental, com concepção tendente a reduzir o consumo de energia, assim como com sistemas passivos e sua gestão.

Sousa et al (2009) pesquisou 72 instituições de curso superior públicas com cursos na área da construção civil. Este trabalho localizou 50 cursos que possuem disciplinas relacionadas à sustentabilidade em seu projeto pedagógico.

De maneira geral, o tema sustentabilidade é abordado com enfoque ambiental nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, representada por 76% do total de 42 disciplinas. O Gráfico 1 mostra as três dimensões da sustentabilidade nas disciplinas analisadas nos cursos federais (SOUSA et al, 2009).

GRÁFICO 1 – DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS FEDERAIS



FONTE: Souza et al. (2009).

Nessa pesquisa, os autores concluíram que, para a temática do desenvolvimento sustentável no âmbito educacional torna-se necessária a elaboração de projetos pedagógicos voltados para a conscientização e o desenvolvimento de competências dos profissionais da construção civil (SOUSA et al., 2009).

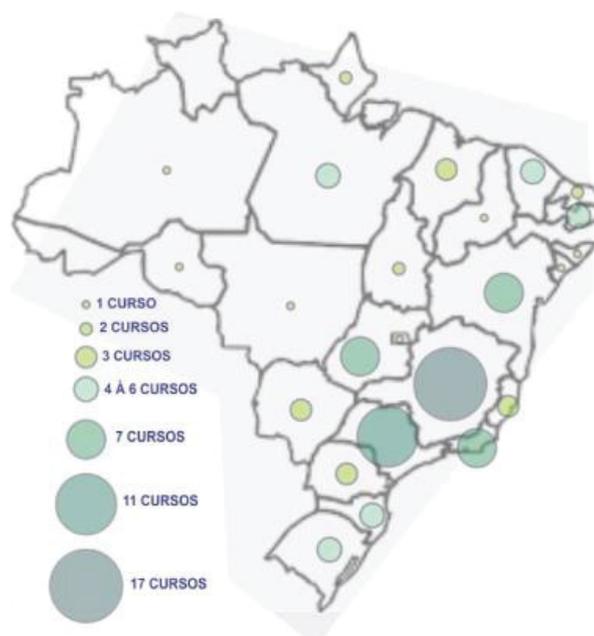
Xavier (2012) corrobora a abordagem da sustentabilidade de forma transdisciplinar nos cursos de Arquitetura e Urbanismo haja vista que essa aplicabilidade de inserção da sustentabilidade em projetos arquitetônicos deve ser motivada para melhor atender às necessidades humanas e não meramente por pressões mercadológicas.

Ficou constatado por Dourado (2015) que no ensino de Arquitetura e Urbanismo não há um perfil sobre a sustentabilidade orientado de forma clara e delineado nos projetos pedagógicos e currículos dos cursos.

O tema da sustentabilidade na arquitetura é multidisciplinar, não obstante, é necessário que se incorpore às práticas e discussões sob diversos aspectos, para que as experiências não sejam tratadas como acessórios entre as disciplinas e que a sustentabilidade assuma o seu valor fundamental no processo projetual (FERRARI, AUGUSTO FONSECA, 2018).

Passados 10 anos da averiguação de Souza et al. (2010), Smaniotto, Tavares e Freitas (2020) investigaram o panorama dessa temática nos âmbitos dos cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo das Instituições de Ensino Superior (IES) públicas brasileiras (veja o mapa 1).

MAPA 1 – DISTRIBUIÇÃO TERRITORIAL DO TEMA SUSTENTABILIDADE NAS IES PÚBLICAS

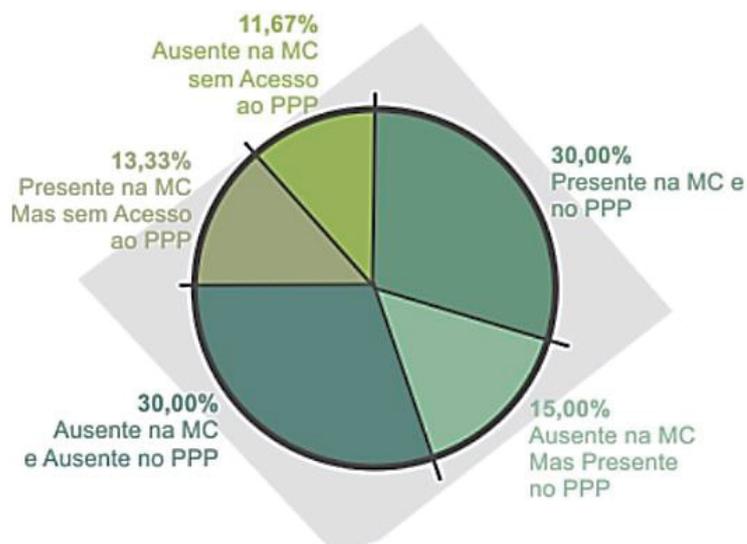


FONTE: Smaniotto; Tavares; Freitas (2020).

Dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil das IES públicas brasileiras apontados no Mapa 1, os autores analisaram as Matrizes Curriculares (MC) e Projeto Político Pedagógico (PPC), dentre as disciplinas obrigatórias e eletivas, que apresentassem o termo “Sustentabilidade” em seu título ou em sua ementa.

Nesta análise, aproximadamente 58% dos cursos de Arquitetura e Urbanismo trazem a abordagem de sustentabilidade na MC e/ou no PPC de acordo com o Gráfico 2. No entanto, de acordo com Pergher e Freitas (2019) a presença da sustentabilidade ainda não é percebida na prática, ficando restrita aos discursos e às intenções.

GRÁFICO 2 – TEMA SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS DE AU.



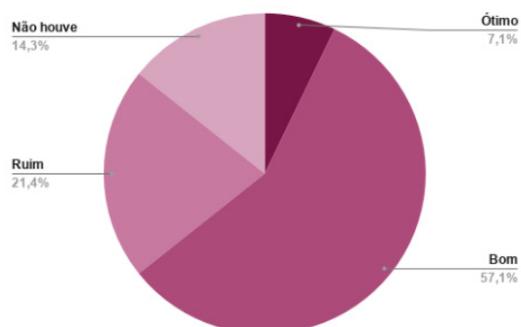
FONTE: Smaniotto; Tavares; Freitas (2020).

Na análise de 17 trabalhos de final de graduação (TFG), nenhum projeto arquitetônico assumiu de forma explícita a sustentabilidade com estratégia projetual (ZANDEMONIGNE et al., 2011).

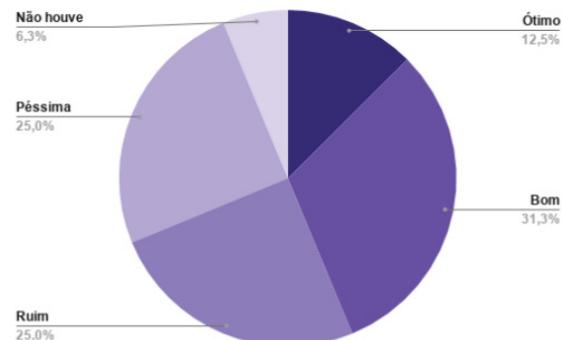
O Gráfico 3 imprime os resultados encontrados por Graff e Goes (2021) em pesquisa realizada com ex-alunos. Na investigação, a amostra coletada foi de 30 respostas válidas sobre a temática de sustentabilidade antes de fazerem a pós-graduação REABILITA da UnB (GRAFF; GOES, 2021).

GRÁFICO 3 – ABORDAGEM DA SUSTENTABILIDADE NA GRADUAÇÃO POR ALUNOS.

Avaliação da abordagem do tema sustentabilidade na graduação por alunos de Universidades PÚBLICAS



Avaliação da abordagem do tema sustentabilidade na graduação por alunos de Universidades PRIVADAS



FONTE: Graff; Goes (2021).

Observa-se no Gráfico 3 que enquanto a maior fatia dos alunos de universidades públicas avalia como sendo positivo o contato com o tema sustentabilidade (57,1% - Bom e 7,1% - Ótimo); nas universidades privadas, na perspectiva de alguns respondentes, o mesmo não aconteceu; para metade dos respondentes a posição se deu de forma não satisfatória (25% Ruim e 25% Péssima).

Conforme a Tabela 1, os autores Graff e Goes (2021) observaram que quanto mais tempo o respondente tem de graduado, menor a satisfação com a abordagem da sustentabilidade; e quanto mais recente é o graduado, mais satisfeito está.

TABELA 1 - AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM DA SUSTENTABILIDADE

Tempo de formação na graduação	Não Houve	Péssimo	Ruim	Bom	Ótimo
De 0 a 5 anos	-	9%	27%	45%	18%
De 5 a 10 anos	-	-	38%	63%	-
De 10 a 20 anos	-	33%	17%	50%	-
De acima de 20 anos	60%	20%	-	-	20%
Visão Geral	10%	13%	23%	43%	10%

FONTE: Graff; Goes (2021).

Os currículos acadêmicos ainda tratam a sustentabilidade desassociada das disciplinas de projeto (GRAFF; GOES, 2021). Saúgo e Fernandes (2013) sugerem disciplinas vinculadas para o ensino de projeto arquitetônico.

Tal apontamento foi verificado por Nerbas e Andrade (2013) através de um estudo exploratório em 2012. Entre as barreiras de aplicação de sustentabilidade no projeto arquitetônico, 40% dos respondentes alegaram falta de conhecimento, 55% complexidade da sustentabilidade e 78% falta de exigência na avaliação do projeto.

Para que a sustentabilidade esteja naturalmente inserida com conceitos sustentáveis no projeto arquitetônico, enseja-se transformações no ensino a partir da inserção e aplicação gradual do conhecimento (VASCONCELOS; NUDEL; BROCANELI, 2009).

1.6 INEDITISMO, ORIGINALIDADE, INOVAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

O ineditismo da proposta aqui apresentada é conferido a partir da pesquisa e leitura de periódicos, dissertações e teses brasileiras relacionados à sustentabilidade.

A busca na base de dados EBSCO *host* com as palavras chaves no título: *architectural; sustainability; course* apresentou 1 (um) resultado com proximidade da sustentabilidade por competências, aplicada em **uma** disciplina sendo que, ao ano da publicação do artigo esta tese já estava em estágio de conclusão.

Neste artigo, Núñez-Andrés et al. (2022), desenvolveu um projeto de sustentabilidade e usou a pedagogia de aprendizagem entre pares, na Universidade do Texas, para o curso de Arquitetura.

A fonte de buscas, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) na qual foram descritos nesta tese nos tópicos de estado da arte, a aproximação da temática para projetos arquitetônicos mais sustentáveis relacionado ao ensino foi dos seguintes autores:

Xavier (2012) buscou identificar, a partir de artigos científicos, experiências didáticas de inserção dos conceitos de sustentabilidade nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Dourado (2015) focou no ensino da sustentabilidade nos cursos de Arquitetura e Urbanismo com ênfase na dimensão ambiental a partir do levantamento dos projetos pedagógicos, currículos e planos de ensino dos cursos de arquitetura e urbanismo.

Russi (2017) investigou a sustentabilidade no ensino-aprendizagem do curso de Arquitetura e Urbanismo, na disciplina de Desenho do Objeto, com o desenvolvimento de mobiliários urbanos.

Teles (2018) caracteriza-se como um estudo de caso, tendo como instrumentos de coleta de dados, a aplicação de questionários aos coordenadores, docentes, discentes e egressos do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Luterano de JiParaná.

Na base de dados periódicos capes, os termos *sustainability; architectural; education* especificados por título gerou 33 (trinta e três) resultados. O Quadro 1 apresenta 16 (dezesesseis) artigos relacionados ao ensino e sustentabilidade.

Na sequência, o Quadro 2 apresenta uma seleção de artigos nacionais sobre a temática sustentabilidade e ensino.

QUADRO 1 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE

AUTORES	TÍTULO DO TRABALHO	FONTE	ANO
MOE	<i>Compelling yet unreliable theories of sustainability.</i>	<i>Journal of Architectural Education</i>	2007
BALA	<i>Sustainability in the Architectural Design Studio: A Case Study of Designing On-Campus Academic Staff Housing in Konya and Izmir, Turkey.</i>	<i>International Journal of Art & Design Education</i>	2010
TALEGHANI et al.	<i>Sustainability in architectural education: A comparison of Iran and Australia.</i>	<i>Renewable energy</i>	2011
NIKEZIĆ; MARKOVIĆ	<i>Place-based education in the architectural design studio: Agrarian landscape as a resource for sustainable urban lifestyle.</i>	<i>Sustainability</i>	2015
ÁLVAREZ et al.	<i>A comparative study on sustainability in architectural education in Asia. With a focus on professional degree curricula.</i>	<i>Sustainability</i>	2016
ISMAIL et al.	<i>Review on integrating sustainability knowledge into architectural education: Practice in the UK and the USA.</i>	<i>Journal of Cleaner Production.</i>	2017
RIEH et al.	<i>Integration of sustainability into architectural education at accredited Korean universities.</i>	<i>Sustainability</i>	2017
STUPAR et al.	<i>Towards the conceptual changes in architectural education: Adjusting to climate change.</i>	<i>Sustainability</i>	2017
HASSANPOUR	<i>From words to action: Incorporation of sustainability in architectural education.</i>	<i>Sustainability,</i>	2017
STIELDORF	<i>Building physics, design, and the collaborative build: Sustainability and resilience in architectural education.</i>	<i>Architectural design</i>	2018
GROVER et al.	<i>Reflecting on sustainability: coproducing a critical framework for sustainable design in the architectural studio.</i>	<i>Higher Education Pedagogies</i>	2019
XIE et al.	<i>Incorporating green building into architectural education: what can we learn from the value-belief-norm theory</i>	<i>International Journal of Sustainability in Higher Education</i>	2021
MARTÍNEZ-VENTURA et al.	<i>A tool to assess architectural education from the sustainable development perspective and the students' viewpoint.</i>	<i>Sustainability</i>	2021
BRZEZICKI et al.	<i>A Survey-Based Study of Students' Expectations vs. Experience of Sustainability Issues in Architectural Education at Wrocław University of Science and Technology, Poland.</i>	<i>Sustainability</i>	2021
NUÑEZ-ANDRÉS et al.	<i>The impact of peer learning on student performance in an architectural sustainability course.</i>	<i>International Journal of Sustainability in Higher Education</i>	2021
BOARIN et al.	<i>Integration of environmental sustainability considerations within architectural programmes in higher education: A review of teaching and implementation approaches.</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2022

FONTE: da Autora.

QUADRO 2 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE

AUTORES	TÍTULO DO TRABALHO	FONTE	ANO
BOGO	O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à arquitetura e urbanismo como parâmetro da qualidade do ambiente construído	Anais ENTAC	2000
GONÇALVES; DUARTE	Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.	Revista Ambiente Construído	2006
VASCONCELOS et al.	A importância da inserção dos conceitos de sustentabilidade no currículo das escolas de arquitetura no Brasil para a formação das novas gerações de arquitetos	Anais ENTAC	2006
BISSOLI; ALVAREZ	A inserção dos conceitos de sustentabilidade no ensino de arquitetura: experiência na Universidade Federal do Espírito Santo	Anais ELAUS	2008
ZANIN; CRUZ	Sustentabilidade no ensino de arquitetura: na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS	Anais ELECS	2009
SOUZA et al.	Análise dos currículos de arquitetura e de engenharia civil sobre a inserção da temática desenvolvimento sustentável	Anais ELECS	2009
MONTEIRO et al.	Desafios para a formação dos arquitetos e urbanistas na construção de cidades sustentáveis	Anais do Simpósio Brasil-Alemanha	2009
ZANDEMIGNONE et al.	Aplicação de acessibilidade e sustentabilidade em projetos finais de curso de estudantes de Arquitetura e Urbanismo.	Revista ponto de vista	2011
BRANDLI et al.	Avaliação da presença da sustentabilidade ambiental no ensino dos cursos de graduação da Universidade de Passo Fundo.	Revista da Avaliação da Educação Superior	2012
NERBAS; ANDRADE	Educação para a sustentabilidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura	Anais ELECS	2013
SAUGO; FERNANDES	Ensino e extensão: relato de uma experiência didática voltada para a sustentabilidade.	Revista de Arquitetura IMED	2013
OUTTES	Como deve ser o ensino de sustentabilidade nas Faculdades de Arquitetura e Urbanismo? Reflexões sobre uma experiência docente	ENSEA	2014
ANDRADE; NERBAS	Educação para a sustentabilidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura	Revista Latino-Americana de Inovação e Eng. de Produção	2014
WIESE et al.	Ensino e sustentabilidade aplicada à arquitetura	Anais ENSUS	2016
MENDES; AMORIM	Projeto ambiental integrado: uma experiência didática.	III CIM	2017
SMANIOTTO et al.	Presença do tema sustentabilidade nos currículos e projetos políticos pedagógicos dos cursos de arquitetura e engenharia civil.	COBENGE	2020
LIMA et al.	A Sustentabilidade no Ensino da Arquitetura e do Urbanismo: uma pesquisa exploratória na Região Metropolitana de Campinas.	Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades	2020
REIS; RUBANO	A dimensão da sustentabilidade no ensino de projeto de arquitetura e urbanismo: estudo de caso FAU Mackenzie.	XVI Jornada de Iniciação Científica	2021
GRAFF; GOES	Análise da demanda do estudo em sustentabilidade e o impacto na vida de profissionais pós REABILITA.	Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Paranoá	2021

FONTE: da Autora.

As buscas de trabalhos acerca da temática elucidam o ineditismo desta pesquisa haja vista que não foi encontrada a relação entre a aplicação da prática com a integração de disciplinas de maneira transdisciplinar, que tratam a Análise do Ciclo de Vida (ACV); bem como não foi encontrada a busca de projetos mais sustentáveis aliados ao ensino de projeto através de competências.

1.7 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O percurso da temática desta tese se relacionou aos projetos arquitetônicos e às estratégias de sustentabilidade aplicadas, enfatizando a importância da realização da Análise do Ciclo de Vida (ACV) na construção civil.

Diante da complexidade de dados, processos e ferramentas necessárias para a realização de uma ACV e da mensuração e interpretação de resultados, partiu-se em busca de uma estratégia de aprendizado para os estudantes de Arquitetura e Urbanismo.

Dessa forma, as estratégias de aplicação se limitam ao curso de Arquitetura e Urbanismo e à duas Instituições de Ensino Superior (IES) particulares do estado do Paraná e às disciplinas do eixo de Tecnologia.

Visto que, para aplicação de estratégias mais sustentáveis no processo projetual inicial, o estudante necessita de conhecimentos transversais em disciplinas profissionalizantes, não ficando restrito apenas à uma disciplina de projeto arquitetônico. A compreensão projetual analisada nesta tese se limitou ao Trabalho Final de Graduação (TFG), um estudante de cada uma das IES.

2 SUSTENTABILIDADE NO ENSINO DA ARQUITETURA E URBANISMO

As discussões acerca da sustentabilidade nas instâncias de formação do arquiteto e urbanista, Teles (2018) mostrou que a sustentabilidade envolve ações e conhecimentos que não devem ser ensinados de forma isolada, um exemplo citado foi a questão do Conforto Ambiental e a utilização de *software* que não utilize apenas a modelagem como preocupação principal, mas possa estabelecer medidas de conforto antes que a edificação seja construída.

A mesma autora constatou que é preciso um preparo maior entre os docentes para que a sustentabilidade seja aplicada, como fio condutor, integrando os conteúdos das diversas disciplinas e não apenas de maneira isolada (TELES, 2018, p.82).

De acordo com Russi (2017), no campo do ensino, o curso de Arquitetura e Urbanismo do estudo de caso analisado, apresenta problemas nas práticas projetuais na aplicação de conceitos de sustentabilidade, mais especificamente na disciplina de Desenho do objeto. Diante disso, verifica-se uma necessidade latente de integração entre ensino, pesquisa e prática, que também foi abordada por Gonçalves e Duarte (2006) e Borden (2009).

A proposta interdisciplinar é um desafio a ser vencido pelo modelo de ensino vigente que não preza pela interação dos conteúdos disciplinares, ao contrário, segrega as disciplinas, contribuindo para uma construção do saber um tanto quanto lacônica. Ao se aprofundar no estudo de determinada disciplina, sem a relacionar com as demais, o acadêmico perde oportunidades de aplicar a sustentabilidade em suas pesquisas e projetos (XAVIER, 2012).

Na mesma direção, Reis e Rubano (2021) inclinaram seus esforços na análise sobre a inserção da dimensão de sustentabilidade no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Notou-se que os projetos pedagógicos de curso de 2013 e 2017 (PPC) e os trabalhos finais de curso (TFG) dos últimos cinco anos foram as principais fontes de dados utilizadas, por meio dos quais foram analisadas com base em metodologia de grupo de pesquisa europeu (EDUCATE). A maior integração do tema ambiental aconteceu na disciplina denominada "Ateliê de Projeto". Essa disciplina se configurou como uma importante estratégia para permitir aos alunos maior contato e vivência com as possibilidades de aplicar seus conceitos no desenvolvimento de projetos e no futuro profissional.

De Lima et al. (2020) realizaram, por meio de um levantamento de coleta de dados, a pesquisa documental nos projetos pedagógicos de todos os cursos de arquitetura e urbanismo da Região Metropolitana de Campinas. Na pesquisa, concluíram que a sustentabilidade ainda não é tratada de forma efetiva, nem satisfatória, nos cursos de arquitetura.

O principal conceito que contribui para a sustentabilidade das edificações estaria na compreensão de que cada profissional tem o seu papel para o projeto e a execução das obras. Todos precisam participar do processo e promover trocas de saberes para que ocorra a produção de obras mais sustentáveis (XAVIER, 2012, p. 62).

O documento, “Os Perfis da área & Padrões de Qualidade para os cursos de Arquitetura e Urbanismo”, elaborado pelo MEC, está disponível no sítio da ABEA – Associação Brasileira de Ensino da Arquitetura, este documento define dois tipos de disciplina que abordam algumas das questões da Sustentabilidade: os Estudos Sociais e Ambientais, considerada como matéria de fundamentação; e, Conforto do Ambiente Construído, que faz parte das matérias profissionais. Porém, sua inserção ainda parece difusa e desvinculada das associações necessárias entre projeto e as demandas da sustentabilidade (CALDAS, 2019, p. 76).

A discussão da necessidade e das estratégias acerca de como a noção de sustentabilidade é empreendida nos cursos de Arquitetura e Urbanismo corroboram com a ideia de que a atuação do arquiteto é reflexo de toda a bagagem que ele adquiriu em sua formação acadêmica e, posteriormente, em sua experiência profissional (DOURADO, 2015).

Nesse cenário, destaca-se a expressividade dos impactos decorrentes da construção civil que perpassam pela área de Arquitetura e Urbanismo e atingem a sociedade e o meio ambiente. Dessa forma, tem-se verificado uma exigência cada vez maior de capacitação técnica voltada à promoção da sustentabilidade do ambiente construído, incluindo a atualização de cursos de Arquitetura e Urbanismo de modo a atender a essas demandas (DOURADO, 2015).

De acordo com Caldas (2019), se faz necessário incluir o tema sustentabilidade na formação do profissional, a partir de uma visão mais ampla que, ao mesmo tempo considere as exigências normativas e as novas tecnologias sem, contudo, reduzir a concepção arquitetônica a um cumprimento de exigências, desprovido de

sensibilidade ao contexto em que se trabalha e de senso crítico em relação às imposições meramente operacionais.

A Sustentabilidade é maior do que uma única disciplina oferecida em um único semestre, idealmente, deve ser tecida em todos os aspectos do currículo. A proposta de ensino projetual desenvolvida por Gürel (2010) mostrou a necessidade de revisão do currículo existente para incluir conceitos de projeto sustentável. Uma possibilidade é atualizar o conteúdo de cada disciplina.

Herrera-Limones et al. (2020) buscou a integrar diferentes departamentos e disciplinas, entre a Universidade de Sevilha e Universidades dos Estados Unidos, a partir do concurso *Solar Decathlon*¹, tomou como estratégia o ensino baseado em resolução de problemas. A participação dos alunos nesta estratégia, aborda uma perspectiva holística e integral do processo projetual. A inovação é a metodologia empregada para a construção do projeto e protótipo, uma mistura de aulas teóricas e práticas e um currículo integrado.

Xiang et al. (2021) explorou a abordagem estratégica da sustentabilidade em uma metodologia projetual até a execução de uma estrutura com bambus. Observou-se a necessidade introdutória dos conceitos de arquitetura sustentável de forma interdisciplinar, em um processo contínuo, sendo que as ferramentas computacionais constituem um suporte projetual.

Dado o grande impacto da construção civil nas emissões globais e nas mudanças climáticas, Boarin e Martinez-Molina (2022) em uma revisão sistemática revelam que os artigos mais recentes focam em avaliar o aprendizado ativo dos estudantes em processos pedagógicos no desenvolvimento curricular para a sustentabilidade.

¹ A competição *Solar Decathlon* é uma competição colegiada, os participantes trabalham em dez pontos: arquitetura, eficiência energética, engenharia e construção, conforto, marketing e comunicação, balanço energético, funcionamento da casa, inovação, desenho urbano e acessibilidade e sustentabilidade (HERRERA-LIMONES et al, 2020).

2.1 ESTADO D'ARTE – ENSINO DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

A partir do que tem discutido até então, buscou-se a relação sobre os conceitos de sustentabilidade no projeto arquitetônico e o ensino, sendo assim, a base de dados de busca foi o *ScienceDirect* e o portal de periódicos da CAPES.

A pesquisa sobre a temática ***Sustainability; Architectural; Education*** do tipo Estado da Arte, tendo como fonte de coleta de dados *ScienceDirect*, buscou-se por título e encontrou em 11 (onze) resultados. Os artigos que se relacionam a esta tese serão relatados a seguir.

Benkari (2013) em uma revisão de literatura, buscou-se entender a sustentabilidade. A pesquisa sobre a arquitetura das universidades dos Emirados Árabes Unidos, aponta que a maioria desses cursos é baseada em tópicos, princípios e práticas ocidentais e raramente se refere ao contexto local. Esta análise de conteúdo mostrou que a abordagem da sustentabilidade ainda está em seu estágio embrionário.

No cenário da Turquia, de acordo com Yükses (2013), ao analisar os programas de arquitetura nos cursos de graduação, os temas diretamente relacionados à arquitetura e sustentabilidade são mais encontrados na categoria de disciplinas eletivas. Sendo que, essas informações teóricas devem ser transformadas em prática projetuais, uma vez que os alunos apresentaram dificuldades na integração da teoria com o projeto arquitetônico.

Ismail et al. (2017) mostrou que a grade curricular atual do ensino de arquitetura nas 10 (dez) escolas selecionadas, no Reino Unido e nos Estados Unidos da América, em geral, apresenta conhecimentos limitados sobre sustentabilidade no primeiro ano de seus cursos de graduação, abrangendo apenas o princípio teórico do *design* ambiental e sustentabilidade. Este conhecimento não é exigido em projetos. O conhecimento da sustentabilidade é implementado nos cursos do segundo ano, teoricamente e praticamente. Além disso, no último ano a ênfase está em projetos onde o conhecimento de sustentabilidade é necessário.

A equipe de pesquisa de Boarin et al. (2020) investigou programas de graduação e pós-graduação em arquitetura em diferentes continentes (Oceania, Europa e América do Norte) e avaliou seus respectivos impactos nos projetos dos alunos em relação às considerações de sustentabilidade. Os resultados

mostram que, na opinião dos alunos, a sustentabilidade em projeto depende dos objetivos e foco de cada disciplina. Sendo que, nas disciplinas de graduação, o conteúdo teórico sobre sustentabilidade não apresenta integração com as disciplinas de prática projetual.

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, o artigo de Boarin et al. (2022) explora como e em que medida as considerações de sustentabilidade ambiental foram integradas nos currículos de arquitetura em provedores de ensino superior na América do Norte e do Sul, Europa, Ásia, África e Oceania. A pesquisa mostra que no passado foi dada mais atenção ao 'o quê' (conteúdo e estrutura dos cursos e programas), enquanto os estudos mais recentes se concentram no 'como' (pedagogias e processos de implementação para fins de ensino e desenvolvimento curricular).

Os obstáculos acadêmicos que impedem o desenvolvimento da educação arquitetônica sustentável, de acordo com Taleghani et al. (2011), são relatados como: definições ambíguas de arquitetura sustentável, confusão sobre o significado de sustentabilidade e falta de especialistas neste campo. Por fim, o estudo compara a formação acadêmica de arquitetura no campo das energias renováveis em dois países, o Irã como país em desenvolvimento na Ásia e a Austrália como país desenvolvido na Oceania.

Mavromatidis (2018) apresentou uma metodologia multidisciplinar em um *workshop* em Estrasburgo, onde a prática do projeto sustentável preservou a criatividade e a dimensão artística da arquitetura. A partir de estudos computacionais, a intuição arquitetônica ambiental pode ser desenvolvida com base em projeto paramétrico, sendo que os cálculos de energia auxiliam na estrutura volumétrica e na concepção arquitetônica.

O desenvolvimento de casos para melhor aprendizado e treinamento em sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, de acordo com Hardin et al. (2016) é relevante não apenas para estudantes de instituições de ensino superior. Sua criação faz parte de uma jornada coletiva em direção a mais vigorosos intercâmbios entre professores e alunos, profissionais e tomadores de decisão, de modo a conectar a ciência à prática.

Dessa forma, Boarin et al. (2020) defendem que a educação para a sustentabilidade deve ser ministrada dentro de um quadro pedagógico mais integrado, onde a própria sustentabilidade se torna um motor para a prática criativa na busca de uma maior abordagem interdisciplinar, multidisciplinar e transdisciplinar.

Na base de dados de periódicos CAPES, os termos ***Sustainability; Architectural; Education*** especificados por título gerou 33 (trinte e três) resultados. Os artigos foram apresentados no Quadro 1 e serão relatados a seguir.

As experiências acadêmicas de ensino/aprendizagem que apoia a questão da sustentabilidade no ateliê de *design* são apresentadas por Bala (2010); Nikezić et al. (2015) e Moe (2007).

Através de uma pesquisa-ação participativa em um ambiente de aprendizagem paralelo ao estúdio de projeto, Grover (2019) apresenta abordagens de sustentabilidade no estágio de projeto conceitual.

Relatos positivos são apresentados por Stupar et al. (2017) a partir da aprendizagem baseada em problemas ao se comparar com o conhecimento teórico adquirido.

A proposta pedagógica de aprendizagem por pares, de acordo com Núñez-Andrés et al. (2021) revelou um aumento do conhecimento, da motivação e do compromisso dos alunos com o *design* sustentável.

Sobre a organização curricular, os resultados de Álvarez et al. (2016) mostram que a educação para a sustentabilidade é muito diversa, de acordo com o conteúdo, intensidade e sequência. O problema é que as questões de sustentabilidade não são integradas ao projeto arquitetônico, segundo a análise de Rieh et al. (2017).

A motivação dos estudantes para desenvolverem edifícios com propostas sustentáveis foi possível a partir de um conjunto de aprendizagem para cultivar a consciência realizado por Xie et al. (2021).

Procedimentos de implantação da sustentabilidade nos cursos de arquitetura e urbanismo são apresentados nas experiências de Hassanpour (2017) com descrições dos cursos, métodos de ensino e percepções de professores e alunos sobre a incorporação da sustentabilidade; Stieldorf (2018) ao qual descreve algumas iniciativas relacionadas ao projeto arquitetônico e questões ambientais entre elas, a participação vencedora de sua equipe no concurso Solar Decathlon 2013 e Olweny

(2018) examinou a transição de um programa de arquitetura para incorporar a sustentabilidade como parte central de seu currículo.

Martínez-Ventura et al. (2021) utiliza uma *survey* e busca compreender a percepção dos alunos sobre a aprendizagem de sustentabilidade no ensino de arquitetura na Espanha. Também utilizando *survey*, Brzezicki e Jasiolek (2021) revelaram uma desproporção significativa entre as expectativas e a experiência dos alunos, na Faculdade de Arquitetura WUST da Polônia, em relação aos aspectos de *design* sustentável e ecológico.

Uma pesquisa sobre a temática ***Teaching; Sustainable; Architecture*** do tipo Estado da Arte, foi realizada tendo como fonte de coleta de dados o portal de periódicos da CAPES. A busca por título resultou em 7 (sete) resultados nos últimos 10 (dez) anos, os artigos que se relacionam a esta tese serão relatados a seguir.

O uso do BIM com *Archicad* e *Ecodesigner star* foi uma vantagem no ensino de construção ambientalmente saudáveis e sustentáveis, tanto técnica quanto conceitualmente. Permitiu que os alunos reconhecessem de forma muito prática e imediata as vantagens e desvantagens de seus projetos e escolhas de materiais de construção (SANTIAGO, 2016).

A formação em arquitetura e *design* de interiores deve enfatizar mais os aspectos técnicos e soluções com materiais ecologicamente sustentáveis. Os autores relatam que nos cursos de arquitetura vietnamitas as disciplinas que aproximam aos projetos sustentáveis, em sua maioria, são opcionais, e há uma ausência de viagem de campo que estimulem o contato dos alunos com a realidade de projetos sustentáveis (THUY, 2018).

Gaulmyn e Dupre (2019) demonstraram como o uso da simulação de desempenho sustentável, chamada *Easy Approach for Sustainable and Environmental Design* pode contribuir para educar os alunos sobre *design* sustentável. A avaliação se deu pelo engajamento dos alunos, uso da ferramenta e sua apropriação.

O curso de Arquitetura de Habitação Ambientalmente Amigável, desenvolveu um projeto de edifícios residenciais multifamiliares localizados em Wakefield, Ontário, Canadá, com indicadores divididos em quatro categorias principais: energia, meio ambiente, clima interno e sociedade, onde, por exemplo, a categoria ambiental inclui

os seguintes critérios: energia incorporada, pegada de carbono incorporada, utilização de águas pluviais e águas cinzentas. Durante o processo de projeto, foram feitas alterações para obter melhores indicadores e os projetos finais foram descritos usando gráficos de radar (SADOWSKI, 2021).

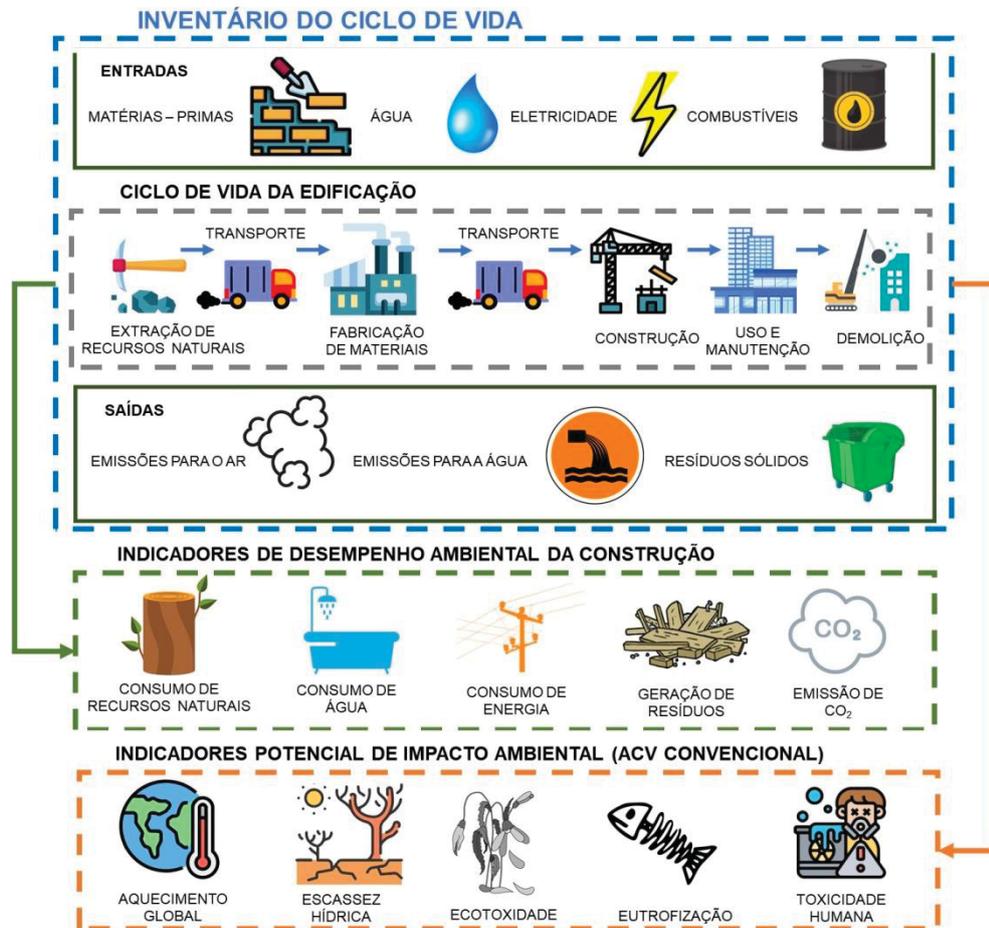
Schiano-Phan et al. (2022) examina as várias abordagens pedagógicas para o ensino e aprendizagem de princípios e práticas de *design* ambiental no ensino em um estudo de caso pedagógico baseado na experiência de 8 (oito) anos do curso de Mestrado em Arquitetura e *Design Ambiental* da Universidade de Westminster com foco em métodos recorrentes aplicados em currículos especializados no Reino Unido.

2.2 ESTRATÉGIA PARA PROJETO MAIS SUSTENTÁVEIS

Os autores John et al. (2020) afirmam que, a partir do conjunto de indicadores, é possível promover um desenvolvimento sustentável na construção: combater as mudanças climáticas pois, o CO₂ é o principal gás do efeito estufa; aumentando a eficiência energética e priorizar energias renováveis; reduzir o consumo de água; reduzir o número de resíduos de construção e demolição.

A partir da adaptação do gráfico de John et al. (2020), Figura 1, a realização do inventário de ciclo de vida de um produto exige medir e organizar a quantidade de dados.

FIGURA 1 – INVENTÁRIO DA ACV E OS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL



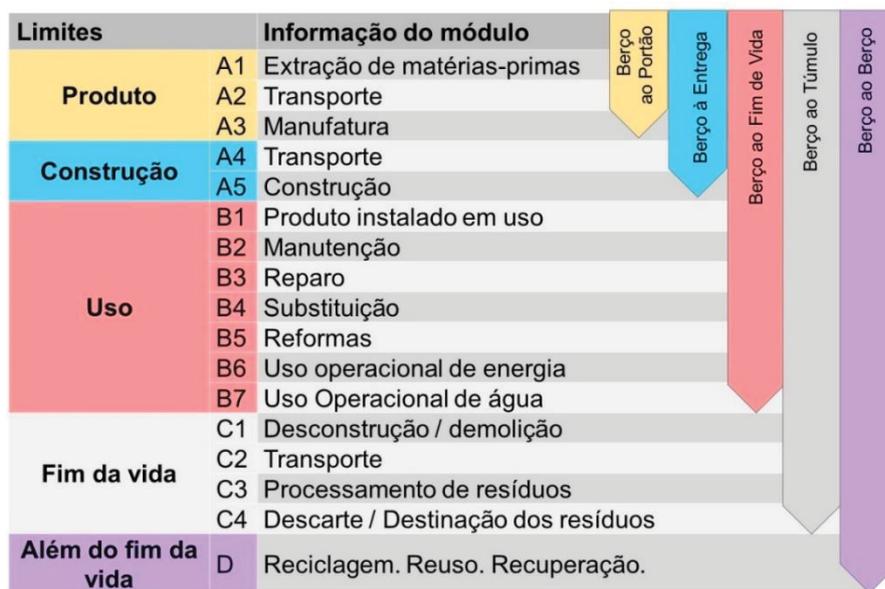
FONTE: da Autora, adaptado de John et al. (2020).

No escopo sugere-se considerar: o sistema do produto, as funções do sistema, a unidade funcional, a fronteira do sistema, procedimentos de alocação, seleção das categorias de impacto e metodologia para avaliação do impacto, requisitos de dados, pressupostos, limitações, requisitos quanto à qualidade dos dados, tipo de análise crítica e tipo e formato de relatório requerido para estudo (NBR ISO 14044:2009).

De acordo com Baiochi (2019), a aplicação da ACV é complexa, demanda uma quantidade de dados, requerendo cautela e transparência por parte do analista. No caso de cadeias de produto mais intrincadas – uma edificação, por exemplo – essa complexidade se torna ainda mais acentuada.

Como observado na Figura 2 que apresenta a ACV de acordo com a norma europeia EN 15804:

FIGURA 2 – ACV DE ACORDO COM A EN 15804.



FONTE: da Autora.

O emprego da ACV demanda tempo, experiência do avaliador e vários dados do inventário, tornando-se uma tarefa complexa ao tratar uma edificação completa. No entanto a EN 15804 admite cortes no inventário na ausência de dados apropriados desde que, documentados de forma transparente, ou as adotadas por certificações ambientais, por exclusão de componentes por subsistema construtivo (PULGROSSI; SILVA, 2020).

Para que a edificação, no seu processo de projeto, tenha se incorporado à sustentabilidade, o conceito arquitetônico deve ser pensado com soluções formais e plásticas que prezam pelo ciclo completo da ACV.

2.2.1 Estágio de produto

As decisões de projeto, entre elas a localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia. Tal consumo é afetado também pela otimização ou não da execução e pelo efeito global no seu entorno, sem falar nos impactos estéticos e urbanísticos mais amplos (BENTO, 2016).

No manual de Silva (2019), a autora traz uma relação de itens que devem ser observados na escolha dos materiais durante o processo de projeto residencial:

- Oriundos de recursos renováveis e extraídos de maneira legal;
- Empresa fornecedora tenha responsabilidade ambiental e social quanto à produção de seus materiais.
- Adaptados com o clima local, para estender sua vida útil e evitar reposição;
- Qualidade e durabilidade aumentando o ciclo de vida da edificação;
- Vida útil longa, evitando substituições e reposições desnecessárias.
- Possam ser reaproveitados ou modulares, diminuindo a produção de resíduos;
- Possam ser reciclados e com processos produtivos não poluentes;

Além disso, a autora faz uma observação sobre a localização do material durante a aquisição, evitando-se a poluição do transporte até a obra e sobre o quantitativo, para que eles sejam o mais próximo do real, a fim de se evitar desperdícios.

A instalação Conífera projetada para a marca de moda COS, do arquiteto francês Arthur Mamou-Mani, é um exemplo de sustentabilidade inserida no processo projetual, onde a plástica da volumetria teve como partido os materiais com menores impactos ambientais.

A Figura 3, apresenta imagens da Semana de *Design* de Milão 2019.

FIGURA 3 – INSTALAÇÃO COM TIJOLOS BIOPLÁSTICOS EM MILÃO



FONTE: Casa vogue (2019)².

²<https://casavogue.globo.com/Design/Feiras/Salao-do-Movel-de-Milao/noticia/2019/04/arquiteto-frances-cria-instalacao-com-tijolos-bioplasticos-em-milao.html>

A instalação envolve o pátio do Palazzo Isimbardi, em Milão, e possui uma estrutura com 700 tijolos modulares de madeira e mistura de ácido polilático (PLA), um bioplástico compostável. O processo projetual foi concebido por meio de *design* paramétrico e impressão 3D.

2.2.2 Estágio de construção

Segundo Louis Kahn, um espaço arquitetônico deve revelar, por si mesmo, a evidência de sua formação. Cada espaço deve ser definido pela sua estrutura e pelo caráter de sua iluminação natural (REGO, 1999).

Nessa abordagem, Costa Lima (2014) relaciona o processo projetual à Escola Tectônica de arquitetura.

O termo “tectônica” deriva do grego *tektónikós* e significa o que é relativo à arquitetura, à construção, à estrutura (HOUAISS, 2001, apud ANDRADE, 2016).

A partir do Século XIX, a tectônica surgiu como instância articuladora entre estrutura formal e estrutura resistente que respondia à lógica das propriedades dos materiais e do cálculo (ANDRADE, 2016).

De acordo com Medeiros (2014); Costa Lima (2012) e Rocha (2012), a relação entre a concepção arquitetônica e o entendimento de sua materialização no ateliê de projeto de arquitetura deve refletir sobre a estrutura como “entrada” para o desenvolvimento de projetos, enfocando as coerências entre o estético e o técnico.

Moreira e Santos (2019) confirmaram através de um questionário que as experiências práticas relevantes ligadas à construção, a partir do qual todo o projeto seria concebido, são atividades que auxiliam significativamente em termos de compreensão de dinâmicas da obra, seja em relação aos imprevistos que podem acontecer, seja em termos de entender melhor como os materiais e sistemas estruturais funcionam.

2.2.3 Estágio de uso

Os edifícios em fase de uso podem ser peças chaves para atingir os objetivos ambientais. Os edifícios residenciais, em especial, são diretamente afetados pelas

grandes mudanças tecnológicas e de hábitos dos seus usuários. É nessa fase que ocorre o maior consumo de energia ao longo do ciclo de vida da edificação (FORNACIARI, 2018).

Os condicionantes como topografia, localização, trajetória do sol e ventos dominantes são partidos para o conforto ambiental e qualidade de vida para os usuários. Acrescentaremos como diretrizes no processo de desenvolvimento da forma arquitetônica, a eficiência energética para uma diminuição do uso da energia elétrica e a qualidade da iluminação natural.

A vertente humana engloba todo o processo de formação dos cidadãos para o combate ao desperdício de energia, da pré-escola até a formação dos profissionais técnicos e de nível superior. No entanto, a maioria dos cursos de graduação ainda não incorporou efetivamente o conteúdo de eficiência energética em seus currículos (PINTO et al., 2008).

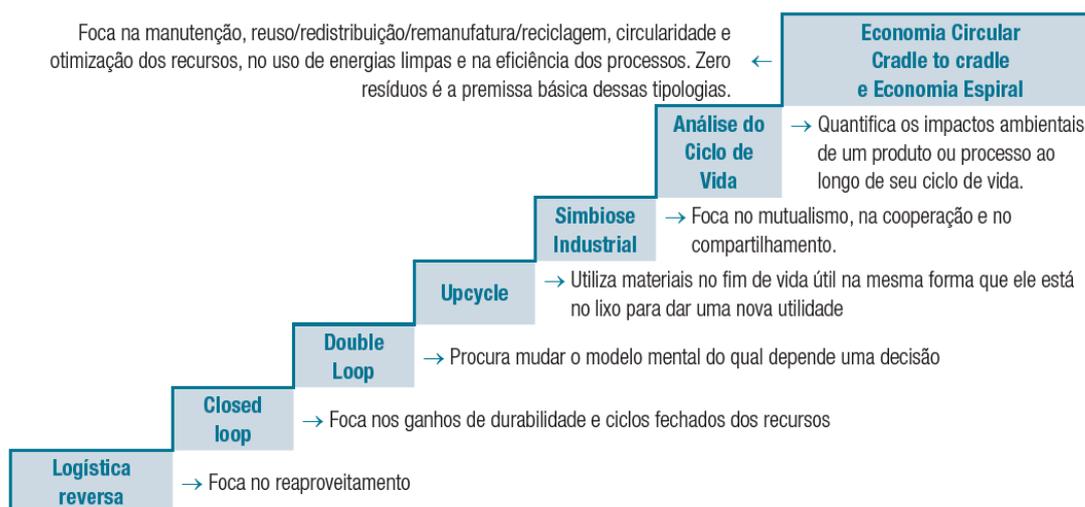
2.2.4 Estágio de além do ciclo de vida

Uma característica marcante do *Design for Assembly* (DFA), tendo em vista todos os seus atributos, é sua representação gráfica. Nela, normalmente o componente ou elemento é representado em perspectivas explodidas que mostram os componentes e seus locais de encaixe ou fixação. O DFA é um tipo de projeto que visa à simplificação do processo de produção através da redução do número de componentes do produto, orientando e facilitando as atividades de montagem que utilizam tais peças (VIVAN; PALIARI, 2012).

A concepção do *Design for Disassembly* (DFD), por sua vez, considera que todo o processo posterior de desmontagem é pensado durante o desenvolvimento do projeto inicial, o que acarreta grandes benefícios para o reaproveitamento dos materiais e, portanto, em um maior cuidado com o impacto ambiental. O processo de reuso, reciclagem e potencial conserto dos materiais gerados têm sido designados por diferentes nomes (SOUZA; SERRA, 2017).

Os autores Sehnem e Pereira (2018) descreveram sucintamente os termos relacionados ao reuso de materiais em um esclarecimento conceitual conforme a Figura 4:

FIGURA 4 – TERMOS PARA REÚSO DE MATERIAIS



FONTE: Sehnem e Pereira (2018).

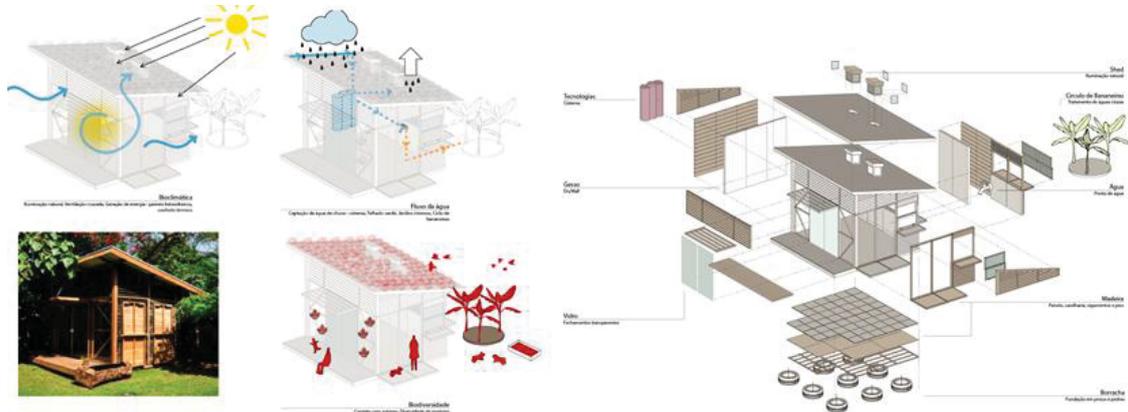
A logística reversa atribui responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, consumidores e no destino reverso de produtos, para serem reciclados e remanufaturados pelos fabricantes, focando no reaproveitamento. No *Cradle to cradle* os recursos na gestão de operações estão inseridos em uma lógica circular na qual cada passagem de ciclo se torna um novo berço para determinado material. O *Double loop* olha para o resíduo e procura criar alternativas novas para reintroduzi-lo na cadeia de produção. *Closed loop* foca nas operações e recicla os materiais. *Upcycle* possui ênfase na gestão do sistema, usa a criatividade e inovação para enfatizar a sustentabilidade. A ACV analisa alternativas para a redução de impactos dentro da cadeia de valor e conhece o processo produtivo. A economia circular possui foco na gestão do sistema e enfatiza o ciclo biológico e técnico nos materiais (SEHNEM; PEREIRA, 2018).

O projeto arquitetônico detalhado e apresentado em perspectivas explodidas auxilia na catalogação dos materiais e inserção em banco de dados para que sejam utilizados em novos projetos.

Exemplos de edifícios construídos diante deste conceito: Casa Circular, projetada pelos escritórios *Flock design* e *Okna arquitetura*, construída no bairro de Pinheiros, em São Paulo. Também se cita KODA, que é um mini protótipo de casa móvel pré-fabricado na Estônia desenvolvido pelo escritório *Kodasema*. E *Pop Up*

House da empresa francesa *Multipod Studio*. A Figura 5 ilustra o projeto com este conceito.

FIGURA 5 – CASA CIRCULAR.



FONTE: *Flock design* e *Okna arquitetura* (2019).

A preocupação não é apenas com os impactos ambientais gerados pela extração de matéria-prima e pelo seu descarte, mas se estende também à otimização no processo de projeto arquitetônico.

A reutilização de elementos da construção é uma alternativa sustentável que pode ser efetivada a partir de considerações importantes no desenvolvimento de projetos arquitetônicos reversíveis considerando a possibilidade de serem desconstruídos, disponibilizando para reuso de peças como portas, janelas, painéis, enfim, grande parte de seu material a partir de banco de materiais. A prática levará à redução de resíduos e ao uso de menos matérias-primas virgens.

2.3 ESTRATÉGIAS DE ENSINO

A partir das análises dos autores que relacionaram o ensino da sustentabilidade no curso de arquitetura e urbanismo, percorridos nos tópicos: ineditismo, originalidade, inovação e contribuição social e sustentabilidade no ensino da arquitetura e urbanismo desta tese, o Quadro 3 sintetiza algumas palavras-chaves.

QUADRO 3 – ARTIGOS SOBRE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE

Souza et al. (2009)	projetos pedagógicos para o desenvolvimento de competências .
Vasconcelos et al. (2009)	inserção e aplicação gradual do conhecimento.
Gürel (2010)	revisão do currículo para incluir conceitos de projeto sustentável atualizando o conteúdo de cada disciplina
Zandemonigne et al. (2011)	exigência explícita da sustentabilidade com estratégia projetual.
Xavier (2012)	abordagem da sustentabilidade de forma transdisciplinar .
Saúgo e Fernandes (2013)	disciplinas vinculadas para o ensino de projeto arquitetônico.
Ferrari e Fonseca (2018)	sustentabilidade na arquitetura é multidisciplinar .
Herrera-Limones et al. (2020)	estratégia o ensino em resolução de problemas, uma mistura de aulas teóricas e práticas e um currículo integrado .
Smaniotto et al. (2020)	repensar os currículos e PPC de maneira sistêmica e interdisciplinar . Cooperação e colaboração entre docentes.
Graff e Goes (2021)	conceitos de Sustentabilidade abordados de forma interdisciplinar .
Xiang et al. (2021)	arquitetura sustentável de forma interdisciplinar , em um processo contínuo, sendo que as ferramentas computacionais constituem um suporte projetual.

FONTE: da Autora.

As palavras destacadas no quadro serão abordadas no próximo tópico em busca de uma discussão teórica sobre a aplicação de conhecimentos em sala de aula. Sendo que, durante a pandemia da COVID 19, em alguns momentos, as estratégias de ensino ocorreram virtualmente.

Nos processos de ensino-aprendizagem, para fortalecer o conhecimento de forma didática, é importante utilizar os mecanismos oferecidos pelas TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) (VICENTE et al., 2022).

Concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas. É o que se chama de aula invertida (MORÁN, 2015).

No ensino híbrido, o estudante tem contato com as informações antes de entrar em sala de aula. A concentração nas formas mais elevadas do trabalho cognitivo, ou seja, aplicação, análise, síntese, significação e avaliação desse conhecimento que os estudantes construíram ocorrem em sala de aula. Híbrido significa misturado, mesclado, *blended* (BACICHI et al., 2015).

No momento de transição pós pandemia, as estratégias virtuais continuam presentes, em conjunto, com as estratégias de aulas presenciais.

2.3.1 Desenvolvimento de competências para o ensino

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define competência como “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018).

A BNCC indica que as decisões pedagógicas devem estar orientadas para o desenvolvimento de competências. A sociedade contemporânea impõe um olhar inovador e inclusivo a questões centrais do processo educativo: o que aprender, para que aprender, como ensinar, como promover redes de aprendizagem colaborativa e como avaliar o aprendizado (BRASIL, 2018, p. 16).

A noção de competência designa uma “capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação” definida de acordo com Perrenoud 2000, em quatro aspectos:

- as competências não são saberes ou atitudes, mas integram tais recursos;
- a integração é singular de cada situação;
- a adaptação da situação passa por esquemas de pensamento complexos;
- as competências profissionais são construídas diariamente por um professor.

Para que o aluno possa lidar com as situações do mundo da vida, as diretrizes curriculares inerentes a cada curso, são construídas por competências (MELLO et al. 2019).

Ensinar por competências significa mudança na postura docente e discente quanto a ensinar e aprender, respectivamente, e que incluem, também, adequações na estrutura curricular, reformulação dos Planos de Ensino / Aprendizagem e Planos de Aula, ter foco no aluno, a adoção de metodologias e recursos adequados e diferenciados (MELLO et al. 2022, p 65).

O planejamento da disciplina, na definição de competências e seus eixos de acordo com Durand (1999), como se pode observar no Quadro 4, aborda habilidades e atitudes:

QUADRO 4 – SÍNTESE DOS CONCEITOS DE COMPETÊNCIAS

COMPETÊNCIAS	Conjunto de aspectos técnicos, cognições e comportamentos relacionados à atividade produtiva.
CONHECIMENTOS	O SABER – Os conceitos, informação, saber o que, saber o porquê.
HABILIDADES	O SABER FAZER – A aplicação do conhecimento, técnica, capacidade, saber como.
ATITUDES	O QUERER FAZER – A predisposição que influencia na nossa conduta, identidade, determinação.

FONTE: Durand (1999).

No Ensino Superior, de acordo com Cebrián et al. (2007), as competências no estudo possuem vínculos que podem ser de caráter instrumental, sistêmico e interpessoal.

As competências e habilidades são associadas ao saber-fazer prático. Para que os alunos desenvolvam atividades profissionais aliados aos desafios da contemporaneidade (MELLO et al., 2019).

O aluno é visto como protagonista e não é mais um sujeito passivo, precisa aprender a aprender, em um processo de aprendizagem englobando conhecimentos, habilidades e atitudes, o que vai além da pedagogia de transmissão do conhecimento (MELLO et al. 2019).

A experiência relatada pelos autores Mendonça et al. (2018) em cursos da marinha contextualiza o “saber fazer”, em um currículo por competências, neste contexto, houve uma maior aproximação dos docentes com atividades práticas correlacionadas à atuação profissional do futuro Marinheiro.

A competência didático-pedagógica refere-se à tomada de decisão, sendo que o professor deve promover a aprendizagem como um facilitador do processo e para criar as estratégias de ensino-aprendizagem inclui o domínio de ferramentas oferecidas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (HERNÁNDEZ et al., 2021).

O professor tem que ser capaz de planejar as ações estratégicas inovadoras com domínio do conteúdo, preocupando-se em estruturar a aula, cumprindo o objetivo por meio de ferramentas como TICs e dando *feedback* com respostas (MORÁN et al., 2021).

As competências podem ser apreciadas através do desempenho do aluno na execução de determinada tarefa em diferentes processos: indicador de realização, nível de realização, atividade de avaliação e estratégia metacognitiva (VICENTE et al., 2022).

O perfil do egresso nos projetos pedagógicos focados no ensino por competências permite a aptidão do jovem profissional para enfrentar as situações-problemas, para que o egresso não se encontre desalinhado com o mercado de trabalho (MELLO et al., 2022)

Nenhum professor pode implantar essas novas estratégias de ensino-aprendizagem se não contar com bibliotecas amplamente equipadas e atualizadas, laboratórios e oficinas com espaços e infraestrutura física adequados, número de alunos em cada turma, contatos sistemáticos com o mercado através de pesquisas, trocas de serviços e contatos diretos com profissionais, contatos sistemáticos com outras instituições irmãs para troca de experiências pedagógicas e gerenciais (BURNIER 2001, p 07).

Na vida os conteúdos são integrados, utilizamos concomitantemente saberes diversos, assim “os conhecimentos não existem, no mundo real, divididos em disciplinas” (BURNIER, 2001).

Por isso é preciso tornar os saberes significativos interessantes através da Pedagogia das Competências, isto implica que o professor deve romper a formação fragmentada e reconstruir as relações de áreas específicas de conhecimento com outras áreas de saber correlatas de acordo com o pensamento de Burnier (2001).

2.3.2 Transdisciplinaridade e interdisciplinaridade

A teoria da transdisciplinaridade propõe a religação dos fragmentos do conhecimento. A complexidade proposta pela transdisciplinaridade surge dos desafios do avanço do conhecimento e do que a globalidade coloca para o século XXI. Sendo, portanto, uma corrente pedagógica contemporânea holística. “Os temas transversais resgatam as relações existentes entre os conhecimentos” (SANTOS, 2008).

Essa conduta teórica sustenta a necessidade de organização de diferentes disciplinas fragmentadas estruturadas por meio de uma sequência compartimentadas que funcionam como fluxos de relações, não estabelecendo relações entre conhecimentos obtidos. Entende-se que por meio das relações dos conteúdos não se aprende apenas a técnica. No entanto, ao contextualizar, percebe-se que, quando não se vê o todo não se vê a qualidade das partes, assim, o todo não é somente a simples soma das partes (SANTOS, 2008).

Ao trabalhar com a multirreferencialidade do conhecimento, o princípio que rege os temas transversais muda o conceito de conhecimento. Passa-se da disciplinaridade (lógica clássica) à transdisciplinaridade (lógica do terceiro termo incluído). O conhecimento é concebido como uma rede de conexões (do arbóreo passa-se ao conceito rizomático), interconectadas, o que leva à multidimensionalidade do conhecimento e à distinção de vários níveis de realidade (SANTOS, 2008, p.75).

A passagem de um nível ao outro, no processo de conhecimento, requer novas ferramentas de abordagem conceitual, diante da complexidade que ajuda a trabalhar as relações de percepção do sujeito e materialidade do objeto, de formas diferentes gerando, assim, um conhecimento transdisciplinar. Reconhecendo as diferentes maneiras de interpretar a realidade, percebendo melhor os problemas e o encontro de suas soluções.

A transdisciplinaridade é, portanto, fruto da complexidade estrutural constitutiva da realidade que une os diferentes níveis fenomenológicos, as diferentes disciplinas, revelando-nos que toda identidade de um sistema complexo está sempre em processo de vir a ser, como algo inacabado, sempre aberto, em evolução, em mutação, em processo de transformação (MORAES, 2018, p. 76).

A importância de trabalhar como educadores é consolidada pela visão da realidade, pela pluralidade de olhares, compreensões e percepções, considerando os conceitos abordados por Moraes (2018) sobre a transdisciplinaridade.

Para resgatar o autoconhecimento e reconhecimento do outro para compreensão do contexto em que se vive, a fim de questionar os padrões de conduta adotados no processo e desenvolvimento projetual arquitetônico.

A interdisciplinaridade diz respeito à transferência de métodos de uma disciplina para outra. A transdisciplinaridade está, ao mesmo tempo, entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina (NICOLESCU, 1999). Esquemáticamente, Santos et al. (2016) sistematizou os conceitos propostos por Nicolescu (1999) no Quadro 5:

QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DA PLURI, INTER E TRANSDISCIPLINARIDADE

PLURIDISCIPLINARIDADE	INTERDISCIPLINARIDADE	TRANSDISCIPLINARIDADE
Um mesmo objeto de estudo ou tópico de pesquisa investigado simultaneamente por várias disciplinas. Vai-se além do paradigma disciplinar sem, todavia, superá-lo ou colocá-lo em suspenso.	Intercâmbio de métodos de pesquisa oriundos de distintas disciplinas. Apesar de estar além das disciplinas e de poder gerar novas disciplinas, enquadra-se no modelo da pesquisa disciplinar.	Define-se como a busca pelo que está, ao mesmo tempo, entre, através e além de toda e qualquer disciplina. Representando, portanto, uma quebra com o paradigma disciplinar, uma nova forma de ver o mundo.

FONTE: Nicolescu (1999) adaptado por Santos et al. (2016).

A transversalidade se relaciona às temáticas que se atrelam aos diferentes campos do conhecimento referente à contextualização e às necessidades vivenciadas no dia a dia e não à conteúdos de natureza científica. Sendo, portanto, um pressuposto epistemológico que atende aos interesses da maioria das pessoas (ARAÚJO, 2014).

Em contrapartida à esta tendência, a teoria da complexidade e da transdisciplinaridade, ao propor a religação dos saberes compartimentados, oferece uma perspectiva de superação do processo de fragmentação.

Todos estes fatores relacionados as pesquisas sobre sustentabilidade e o projeto requerem entendimento e sistematização da teoria inserido nas distintas disciplinas como segue no próximo capítulo.

2.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Nas discussões sobre sustentabilidade nas instituições de ensino, a sustentabilidade envolve ações e saberes que não devem ser ensinados isoladamente. O principal conceito que contribui para a sustentabilidade das edificações seria o entendimento de que cada profissional tem um papel na concepção e execução das obras.

No entanto, sua inserção ainda parece difusa e desconectada das associações necessárias entre o projeto e os requisitos de sustentabilidade. A discussão sobre a necessidade e as estratégias de abordagem da noção de sustentabilidade nos cursos de arquitetura e urbanismo corroboram a ideia de que a atuação do arquiteto reflete toda a bagagem que adquiriu em sua formação acadêmica e, posteriormente, em sua experiência profissional.

A sustentabilidade é maior do que um único curso oferecido em um único semestre, idealmente deve ser integrado a todos os aspectos do programa. Dado o grande impacto da construção civil nas emissões globais e nas mudanças climáticas.

Ensinar por competências significa uma mudança na atitude docente e discente em relação ao ensino e aprendizagem. Inclui também adaptações na estrutura curricular, reformulação dos Planos de Ensino-Aprendizagem e Planos de Aula, com foco no aluno, adoção de metodologias e recursos adequados e diferenciados.

A teoria da transdisciplinaridade propõe a reconexão de fragmentos de conhecimento. Assim, a transdisciplinaridade é o resultado de uma complexidade estrutural que forma uma realidade que conecta diferentes níveis fenomenológicos, diferentes disciplinas, e nos revela que cada identidade de um sistema complexo está sempre em processo de tornar-se algo inacabado, sempre aberto, em evolução, em mutação, em processo de transformação.

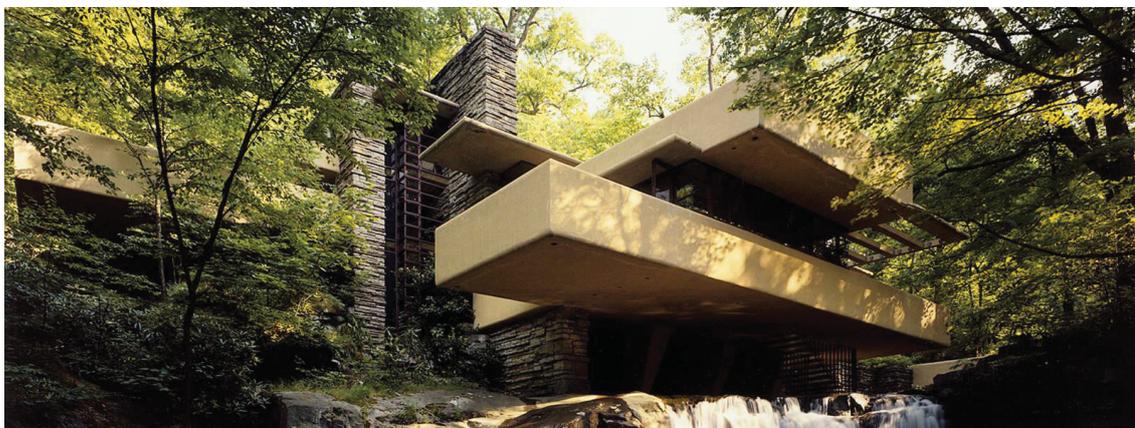
Todos esses fatores relacionados à sustentabilidade e à pesquisa em projeto arquitetônico requerem uma compreensão e sistematização da teoria sobre a sustentabilidade inserida em diferentes disciplinas.

3 ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE

Neste capítulo busca-se compreender o tema da sustentabilidade relacionado ao projeto arquitetônico. Para tanto, foi realizado um levantamento acerca das pesquisas empreendidas nessa temática, bem como em assuntos diretamente relativos a ela. O modo como esse tema tem sido concebido pela ciência, corresponde à apropriação do tema pelas instituições educacionais e às formas de aplicação dele na formação do profissional em questão.

Paralela à arquitetura funcionalista demasiadamente racional, no século XX, surge o organicismo – como se nota na Figura 6 –, onde Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Oscar Niemeyer e Lúcio Costa tiveram trabalhos com união entre a técnica e a natureza, com adaptações ao clima e características específicas dos locais. Essa corrente arquitetônica considera que o edifício deveria se adaptar às condições do meio ambiente, tal qual um organismo vivo, tendo em vista a paisagem, luz, calor, materiais e o bem-estar físico e psicológico dos usuários (ISOLDI, 2007).

FIGURA 6 – CASA DA CASCATA, FRANK LLOYD WRIGHT, 1939.



FONTE: <https://fallingwater.org> (2022).

Para entender melhor a relação da sustentabilidade com a Arquitetura, foi realizada um regaste histórico.

Entre o final da década de 1950 e a crise do petróleo em 1973, os arquitetos se sentiam bastante livres para concretizar suas criações (GONÇALVES; BODE, 2015).

Com a enorme expansão das técnicas construtivas, após a II Guerra Mundial e com abundância de combustível barato, uma série de atribuições do arquiteto foram esquecidas (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Sistemas de iluminação e climatização artificial passaram a ser largamente utilizados, dando ao projetista uma posição bastante cômoda perante os problemas de adequação do edifício ao clima (LAMBERTS et al., 2014).

O tumulto resultante da crise do petróleo gerou reverberações em todas as áreas. Sob esse aspecto, o choque do petróleo gerou da mesma forma um choque na arquitetura, nos seus padrões de projeto, na sua forma de projetar e no papel da responsabilidade frente ao cenário energético internacional (GONÇALVES; BODE, 2015).

A partir dos anos 1960, a maioria dos prédios comerciais possuíam uma dependência da energia convencional para ar-condicionado. São poucos os prédios contemporâneos nas regiões tropicais capazes de prover conforto ambiental a seus ocupantes (CORBELLA; YANNAS, 2003).

A envoltória dos edifícios tornou-se uma preocupação temática do *design* devido às condições ambientais exteriores, dos requerimentos funcionais dos usuários no espaço interior e do alto consumo de energia (SALAS, 2020).

Os acontecimentos históricos contribuíram para mudanças em direção a projetos sustentáveis que tiveram início nos anos 70 e foi uma resposta pragmática à alta no preço do petróleo. A crise do petróleo resultou no aumento do movimento da casa solar: casas construídas para usar energia limpa e reciclável do sol (ROAF et al. 2006).

A arquitetura de edifícios de escritórios de Rino Levi, nas décadas de 1930 e 1940, são exemplos de destaque no que se refere ao conforto ambiental e eficiência energética (UMAKOSHI, 2014). Rino Levi utilizou nas fachadas para proteção onde há incidência solares, marquises ou pérgulas para sombreamento das aberturas, elementos vazados de cerâmica, brises de concreto ou alumínio em toda a fachada. Esses elementos, como apresentado na Figura 7, além da preocupação com a adaptação climática enriquecia a expressão formal de suas obras (RAHAL, 2006).

FIGURA 7 – BANCO ITAÚ, RINO LEVI.



FONTE: <http://condephaat.sp.gov.br> (2022).

Nos anos 80 vieram as mudanças climáticas. Foi nesse período que as taxas de redução da camada de ozônio e o aumento dos gases que geram o efeito estufa e as advertências mundiais tornaram-se aparentes (ROAF et al. 2006).

O principal gás do efeito estufa é o CO₂ e, cerca de 50% de todas as emissões feitas pelo homem são no estágio de uso das edificações. Um exemplo da atuação humana são os sistemas de ar-condicionado que representam, entre todas as tecnologias, a principal fonte de gases das mudanças climáticas (ROAF et al., 2006).

Mas qual é a resposta típica da arquitetura ao desafio do aquecimento global? (ROAF et al., 2006).

Esse cenário tem mostrado que o mundo necessita de “eco arquitetos” que possam projetar edifícios passivos que usem um mínimo de energia e que a energia utilizada provenha de fontes renováveis, se possível (ROAF et al., 2006).

“É equivocada a ideia de associar o trabalho do arquiteto apenas à elaboração do projeto arquitetônico, passando aos outros profissionais a responsabilidade de execução dos projetos complementares e, posteriormente, do edifício” (LAMBERTS et al., 2014, p. 47).

A arquitetura sustentável é a busca por soluções que atendam ao programa definido pelo cliente, às suas restrições orçamentárias, ao anseio dos usuários, às condições físicas e sociais locais, às tecnologias disponíveis, à legislação e à antevisão das necessidades durante a vida útil da edificação ou do espaço construído (ASBEA, 2012, p.14).

“O ideal é que o arquiteto tenha o conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao desempenho energético de edificações para tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto” (LAMBERTS et al., 2014, p. 47).

Na arquitetura e na construção, o conceito de sustentabilidade aparece de variadas formas e sem uma linguagem unitária: construção sustentável, arquitetura sustentável, edifícios verdes, construção energeticamente eficiente, construção de baixo impacto ambiental, arquitetura ecológica, arquitetura biológica, arquitetura verde ou Gaia arquitetura. A motivação em todas essas atividades é a redução do consumo de energia e perdas, a proteção da biodiversidade dos sistemas naturais existentes, uma maior integração do ambiente construído com o meio ambiente e o bem-estar e saúde do homem (ISOLDI, 2007, p. 25).

No século XXI a arquitetura, sem desprezar o belo e a plasticidade das formas, o conforto e a funcionalidade, terá que forçosamente reencontrar o meio ambiente cujo equilíbrio é de fundamental importância para a sobrevivência da espécie humana na Terra (CORBELLA; YANNAS, 2003).

“As soluções arquitetônicas devem oferecer propostas menos impactante aos meios social e ambiental com uso responsável de recursos e menores consumos de energia, água e outros insumos” (ASBEA, 2012, p.14).

3.1 ESTADO D'ARTE – ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

O estado da arte é outro componente importante na compreensão do modo como a sustentabilidade se configura no curso de arquitetura. A busca sobre o tema se serviu de duas diferentes *strings*: arquitetura sustentável e/ou arquitetura e sustentabilidade que serão detalhadas em ordem cronológica, conforme organiza-se a seguir.

A pesquisa sobre a temática **arquitetura sustentável**, teve como fonte de coleta de dados o banco de teses e dissertações da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). A busca por título resultou em 12 (doze) produções com apenas 1 (uma) tese de doutorado.

Na mesma base de dados, a busca por título **arquitetura e sustentabilidade**, resultou em **dezesseis** dissertações de mestrado e **duas** teses de doutorado, sendo apenas um dos autores, Isoldi (2007), repetido de acordo com a busca anterior. **Uma** das dissertações de mestrado foi descartada por abordar a sustentabilidade por meio da gestão por processos ou *Business Process Management* (BPM). A leitura dos resumos se limitou até o ano de 2010.

A investigação sobre a temática abordada pelos autores se deu pela leitura do resumo, introdução e/ou conclusão. Sobre a tese encontrada, foi investida uma maior investigação, assim, as leituras aprofundadas foram das temáticas relacionadas ao tema dessa tese.

Isoldi (2007) tem como tese de doutorado a abordagem qualitativa e multidisciplinar, apresentando um panorama sobre a sustentabilidade nos campos de conhecimento da arquitetura e da construção, com dados coletados através de pesquisa bibliográfica, utilização de pressupostos da pesquisa antropológica e dos estudos de caso.

As práticas projetuais arquitetônicas são abordadas em visões diferentes sobre a sustentabilidade. Cavalcante (2007) caracteriza as maneiras projetuais em Arquitetura Inteligente com o sistema de automação pela inteligência artificial. Por sua vez, Avezum (2007) apresenta leituras projetuais da produção arquitetônica a partir dos seguintes critérios de seleção: uso racional da energia e da água; autossuficiente e mínimo de resíduos; iluminação natural e economia de energia; ventilação natural, matéria prima, preservação da paisagem e contexto cultural.

Serejo (2012) definiu como linha norteadora a arquitetura bioclimática; a utilização de recursos que proporcionassem mínima agressão ao meio ambiente; a utilização de modulação e estrutura como forma de racionalização e conforto ambiental e psicológico aos usuários.

Pinto (2009) traz algumas definições sobre sustentabilidade e a relação que a arquitetura tem com a problemática ambiental através da energia.

As categorias de uso das edificações (habitacionais, comerciais e industriais) foram relacionadas à sustentabilidade por três autores.

Saúgo (2010) realizou um estudo exploratório sobre a aplicabilidade de indicadores de sustentabilidade social em empreendimentos habitacionais. Constatou

a importância de o projeto ser flexível e adaptável às necessidades do morador, garantir ventilação e iluminação natural em todos os ambientes.

Ferro (2017) analisa a utilização dos critérios de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos de edifícios comerciais para varejo.

Dalbelo (2012) analisa a aplicação das diretrizes de ecologia industrial e de arquitetura dos edifícios industriais através de sua certificação ambiental e propõe diretrizes que agregam mais ecologia à arquitetura dos edifícios industriais.

Mais três autores desenvolveram diretrizes, manuais ou guias como ferramentas de informação da arquitetura sustentável.

Andretta (2018) desenvolveu diretrizes de projetos de arquitetura com premissas sustentáveis que estimulem a experiência do usuário nos espaços projetados.

Silva (2019) propõe o “Manual de Arquitetura Residencial Sustentável” e apresenta princípios e caminhos para todas as etapas de uma edificação residencial que respeite o meio ambiente e contribua de forma positiva e significativa para o meio urbano.

Saraiva (2019) produziu um guia interativo demonstrando o intercâmbio da energia fotovoltaica com a arquitetura como uma ferramenta.

Dalbelo (2012) em sua análise utilizou a certificação ambiental *Building Establishment Environmental* (BREEAM). Pereira (2012) em três estudos de caso, utilizou para análise o sistema de avaliação de sustentabilidade Selo Casa Azul da Caixa Econômica.

Finkielsztein (2006) realizou protótipos que fundamentaram as bases dos Sistemas Modulares Têxteis a partir de membranas compostas por fibras naturais.

Mattaraia (2013) avalia processos de demolição ou desmontagem de edificações para propor diretrizes que visam reduzir o desperdício e o impacto ambiental, através de um desmonte racionalizado, no lugar da demolição, além das possibilidades de reutilização e reciclagem, após a vida útil dos edifícios.

Chaves (2016) em sua tese de doutorado propõe a identificação e quantificação de substâncias químicas, denominadas compostos orgânicos voláteis (COV), em revestimentos vinílicos para aplicação em pisos e paredes e nos adesivos de contato (colas).

Candido (2012) desenvolveu sua pesquisa, com um estudo de caso a fim de verificar as diferenças entre o discurso e a prática na construção civil nacional autodenominada sustentável.

Xavier (2012) por meio de estudos de caso múltiplos, descreve práticas de ensino que contemplam a sustentabilidade nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, sob uma abordagem transdisciplinar.

Dourado (2015) focou no ensino da sustentabilidade nos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Identificou e selecionou cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros que tiveram grande destaque em três importantes eventos voltados à sustentabilidade por fim, estes cursos foram analisados utilizando-se o método do EDUCATE - (*Environmental Design in University Curricula and Architectural Training in Europe*).

Russi (2017) investigou a Sustentabilidade no ensino-aprendizagem do curso de Arquitetura e Urbanismo, por meio de um Estudo de Caso realizado no curso de Arquitetura e Urbanismo de uma universidade privada paulista, com o desenvolvimento dos Mobiliários efêmeros.

Os trabalhos encontrados não se relacionam ao ensino de estratégias sustentáveis no desenvolvimento de projetos arquitetônicos. Na seção abaixo, essa temática será apresentada com maior cuidado.

3.2 ESTADO D'ARTE - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A partir do que tem discutido até então, buscou-se, no intuito de encontrar possibilidades de compreensão acerca da aplicação do conceito de sustentabilidade nos trabalhos acadêmicos, foi realizada uma pesquisa sobre a temática **avaliação ambiental** do tipo Estado da Arte, tendo como fonte de coleta de dados o banco de teses e dissertações da BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações). A busca por título resultou em 29 (vinte e nove) resultados nos programas de pós-graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo.

As seleções, a partir do resumo, introdução e/ou conclusão das temáticas relacionam-se ao tema dessa tese. Dessa forma, compõem o resultado de busca 2 (duas) teses e 5 (cinco) dissertações.

A avaliação ambiental e o processo projetual foram abordadas por Campos (2007) que analisou qualitativamente as ferramentas disponíveis para suporte à melhoria de desempenho ambiental e Umakoshi (2014) que aplicou um método de projeto arquitetônico e relacionou a avaliação paramétrica de desempenho ambiental e a geração da forma.

No entanto, existem dificuldades na falta de integração no processo de projeto e da falta de fornecedores para materiais e tecnologias sustentáveis, resultados encontrados por Barros (2012) através da percepção dos principais intervenientes (*stakeholder*) no processo.

Os sistemas de certificação de desempenho ambiental de edifícios foram analisados por Bueno (2010). A autora constatou que as ferramentas estudadas demonstram uma série de itens avaliativos plenamente aplicáveis aos edifícios residenciais situados no cenário brasileiro e outros itens ainda necessitam de adaptações.

A observação de Cardoso (2015) sobre os sistemas de CAE (certificação ambiental de edificações) habitacionais no Brasil e a abordagem da técnica de ACV (avaliação do ciclo de vida) é para a fase de projeto. Sendo que o sistema Casa Azul faz menção futura de integração nas fases de projeto com o BIM.

Pinha (2017) realizou, por meio da aplicação do método “revisão sistemática”, uma investigação da produção científica internacional relacionada à questão da integração entre BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) e BPS (*Building Performance Simulation*, na sigla em inglês).

Bento (2016), em sua tese de doutoramento, avaliou o uso da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no auxílio da tomada de decisões em projetos estruturais de concreto armado. Concluiu que é possível obter a melhoria por meio da análise, durante a fase de projeto, nas dimensões dos elementos estruturais bem como do consumo dos materiais componentes da estrutura. Porém, verifica-se a carência de maiores informações para execução de inventários e metodologia dirigida à realidade brasileira.

A busca pela temática da avaliação ambiental coaduna com a necessidade discutida e defendida da noção de sustentabilidade permear as decisões que envolvem a construção civil.

3.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA EM EDIFICAÇÕES

A Análise do Ciclo de vida (ACV) permite que os profissionais da construção compreendam os impactos causados e o consumo de energia gerados durante todo o ciclo de vida do edifício (AIA, 2010). Estes impactos gerados podem ser identificados, analisados e quantificados pela ACV (MACHADO; SIMÕES; MOREIRA, 2015).

A ACV é uma ferramenta amplamente utilizada para quantificar os impactos ambientais do setor da construção. É, também, reconhecida como um método de tomada de decisão em estágio inicial de projeto (SOUST-VERDAGUER et al., 2018).

Essa forma de análise envolve uma abordagem holística que não diz respeito apenas aos limites industriais do processo, mas também à natureza das matérias primas e recursos energéticos, diretos e indiretos, necessários, e ainda ao destino dos resíduos e subprodutos de cada etapa, além do próprio produto após sua vida útil (TAVARES, 2006).

As técnicas de ACV no Brasil carecem de ferramentas adequadas e de dados atualizados para a composição dos inventários, portanto, utilizam-se ferramentas de outros países. Além dessas condições, o acesso de instrumentos para as análises por parte de profissionais ou estudantes ligados à construção é restrito (TAVARES; BRAGANÇA, 2016).

Embora a ACV esteja cada vez mais presente nas demandas do setor de construção, os profissionais continuam buscando novas maneiras de incorporar tal metodologia nos processos de projeto e construção de edifícios da forma mais direta possível (BUENO; FABRICIO, 2018).

A literatura reconhece a necessidade de simplificar a aplicação do método, especialmente para reduzir e otimizar a aquisição de dados (SOUST-VERDAGUER et al., 2018).

A ACV convencional se baseia na pesquisa quantitativa e nos dados de inventário de materiais de construção, consumindo tempo e algumas das informações dos componentes originais da construção são perdidos neste processo (YANG et al., 2013).

Sendo assim, para a construção de um edifício como produto é necessário relacionar as matérias primas ao processo projetual inicial.

3.3.1 Rótulos e declarações ambientais - Princípios Gerais

Rótulos e declarações ambientais fornecem informações verificáveis, relevantes e não enganosos sobre um produto ou serviço em termos de suas características ambientais. Essa característica do produto atribui valor a ele, desse modo, compradores podem usar essas informações como critério de escolha dos produtos, da mesma forma, o fornecedor do produto espera que essa rotulagem influencie na decisão de compra (NBR ISO 14020:2002).

Isso pode causar uma reação em cadeia que faça com essa influência promova mais produtos no mercado. Assim, outros fornecedores podem ser estimulados a melhorar os aspectos ambientais dos produtos, culminando em menor impacto ambiental exercido por aquela categoria de produto ou serviço (NBR ISO 14020:2002).

O desenvolvimento de rótulos e declarações ambientais deverá considerar todos os aspectos relevantes do ciclo de vida do produto, ao qual, abrange desde as atividades associadas à produção e entrega de matérias-primas ou geração de recursos naturais até o descarte final (NBR ISO 14020:2002).

Segundo Timm e Passuello (2021) as rotulagens ambientais são classificadas e devem ser formuladas a partir dos pressupostos da série de normas NBR 14020, que orientam sobre a precisão das informações, o uso de ferramentas científicas, a incorporação da abordagem do ciclo de vida e a transparência na comunicação dos resultados e do processo. De acordo com a norma, as rotulagens podem ser classificadas em três tipos:

- (a) rotulagem I – selo verde (NBR ISO 14024:2004);
- (b) rotulagem II – autodeclaração ambiental (NBR ISO 14021:2017); e
- (c) rotulagem III – declaração ambiental de produto - DAP (NBR ISO 14025:2015);

O objetivo global de rótulos e declarações ambientais, segundo a NBR ISO 14025:2017, é incentivar a procura e o fornecimento daqueles produtos que causam menos esforço no meio ambiente, estimulando para uma melhoria ambiental contínua conduzida pelo mercado.

O sistema EPD, do inglês *Environmental Product Declarations* ou declaração ambiental de produto (DAP) é um programa global para declarações ambientais baseadas na norma europeia EN 15804 e na NBR ISO 14025. Os produtos brasileiros contidos nesse programa são produzidos por duas empresas (Votorantim Cimentos e ISOVER) (SANTOS et al., 2017).

O Quadro 6 resume as informações das EPDs brasileiras. Uma contém EPDs de três produtos de base na construção civil: cimento, argamassa e concreto. A segunda empresa possui seis EPDs de produtos de acabamento interno: forros (2) e feltros (3) (SANTOS et al., 2017).

QUADRO 6 – PRODUTOS BRASILEIROS COM EPD®

Categoria de Produtos de Construção	Produto	Certificação
Votorantim Cimentos	Cimento (CP II E 40, CP III-40 RS E CP V-ARI)	EPD
	Concreto (FCK 30 MPA BR.1 ABAT 10+-2)	<i>Environmental Product Declaration</i>
	Argamassa (2202 matrix revestimento fachada)	
ISOVER Saint-Gobain do Brasil	Forro (Prisma Plus)	
	Forro (Forrovid Boreal)	
	Forrovid Mistral	
	Feltro (Feltro Facefelt Br)	
	Feltro (Feltro Isoflex 4+)	
	Feltro (Feltro Wallfelt Pop 4+)	
	Feltro Midfelt	
	Prisma decorTegular Branco	
	Prisma Plus	
Solarmaxxi		
Indústria e Comércio de Molduras Santa Luzia	Rodapé de poliestireno reciclado	RGMAT Fundação
Vidro Real Revestimentos	Pastilhas de vidro reciclado	Vanzolini

FONTE: adaptado de SANTOS et al. (2017).

As Regras de Categoria de Produto (PCR) estabelecem os pré-requisitos metodológicos e específicos para estimar e relatar os impactos ambientais de ciclo de vida de um produto na forma de declarações ambientais.

Se as DAPs caracterizam os materiais com relatórios sobre processo de fabricação e dados importantes para uma ACV, ao invés de catálogos físico, as

empresas forneceriam aos projetistas, bibliotecas de objetos paramétricos com informações suficientes para a realização de uma ACV segura, ou seja, estas informações poderiam ser inseridas nos objetos e identificadas automaticamente no Revit, por exemplo, ou em *plug-ins* que realizam ACV como *Tally* ou *One Click LCA*.

3.3.2 Estado d'arte de ACV em edificações

A pesquisa sobre a temática ACV e edificações, foi realizada do tipo Estado da Arte, tendo como fonte de coleta de dados o banco de teses e dissertações da BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações). A busca pelas palavras no resumo resultou em 22 (vinte e dois) resultados, sendo 7 (sete) teses e 15 (quinze) dissertações. As seleções realizadas a partir do resumo, introdução e/ou conclusão das temáticas relacionam-se ao tema desta tese.

A utilização da ACV em processos construtivos é apresentada pelos seguintes autores: Sombrio (2015), Caldas (2016), Bier (2018) e Morales (2019).

Sombrio (2015) aplica ACV em um produto pré-fabricado que integra um processo construtivo racionalizado na construção de habitações de interesse social no Distrito Federal.

Caldas (2016) realizou ACVE e ACVCO₂ de uma edificação habitacional unifamiliar localizada em Brasília – DF. Foram comparados dois diferentes sistemas de vedação vertical (externa e interna): *light steel framing* e blocos cerâmicos de vedação convencional.

Bier (2018) desenvolve uma ACV comparativa de dois tipos de solução para paredes internas: os sistemas de blocos cerâmicos e de blocos de concreto, do berço ao túmulo.

Morales (2019) analisou diferentes elementos construtivos que compõem uma edificação multifamiliar construída no sistema de alvenaria estrutural de bloco cerâmico. Através de um estudo piloto, utilizou diferentes cenários de substituição dos elementos e base de dados de vida útil internacionais.

Moraga (2017) utilizou a metodologia de ACV para quantificar os impactos ambientais potenciais de uma casa do Programa Minha Casa Minha Vida.

Figueiredo (2017) utilizou a ACV com aplicação do *software* SimaPro para avaliar os impactos ambientais em uma residência modelo de dois pavimentos, a ser realizada no Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba.

Barros (2016) adotou uma pesquisa comparativa entre o modo tradicional de condução de ACV e com adoção de BIM. No campo de atuação do processo de BIM, foram desenhados mapas de processo para os procedimentos considerados. Concluiu-se que a principal vantagem do uso de BIM na ACV é a possibilidade de auxiliar a tomada de decisão interativamente durante o processo de projeto.

Crippa (2019) propôs um artefato (método) para automatizar a integração BIM-ACV que estime os impactos e uso de recursos ambientais provenientes dos materiais de construção e do transporte deles até o canteiro de obras (berço ao local), de maneira a auxiliar na tomada de decisão durante a fase de concepção do projeto. Para o desenvolvimento do algoritmo dentro da mesma ferramenta, a autora utilizou o conceito *DesignScript*.

Maidel (2020) simulou, por meio de ACV integrada à BIM, três modelos de uma mesma edificação vertical que utilizem diferentes materiais como estrutura e vedação (CLT, concreto armado e blocos cerâmicos e em bloco de concreto). Nessas condições, obteve como conclusão que a integração entre BIM e ACV permite aos projetistas a análise do projeto segundo critérios ambientais ainda durante suas primeiras etapas e, conseqüentemente, sua utilização como critério de decisão de projetos.

Oliveira (2013) demonstrou que um conjunto de indicadores é capaz de integrar aspectos fundamentais de sustentabilidade à tomada de decisão e diferenciar alternativas de sistema estrutural em concreto por seu desempenho técnico-funcional, ambiental e econômico no ciclo de vida da edificação.

Invidiata (2018) propôs um método para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis através da combinação de simulações termo energéticas, Avaliação do Ciclo de Vida, Análise de Custo do Ciclo de Vida, método de conforto adaptativo e método de tomada de decisão multicritério será possível escolher as estratégias de projeto mais sustentáveis a serem aplicadas nas edificações.

Marinoski (2012) desenvolveu um método para avaliar o aproveitamento de água pluvial, por meio de conceitos da ACV.

Fiori (2014) avaliou a sustentabilidade em diferentes cenários do uso da água em edificações, os dados levantados no diagnóstico foram aplicados em uma ACV atribucional na quantificação dos impactos e ao analisar cenários, com e sem reuso de águas.

Brugnera (2018) avaliou fachada de edifícios com 288 cenários, aos quais foram calculados o consumo energético e a quantidade de materiais - que geraram os impactos ambientais e os custos, por meio de metodologias de análises multicritério (MARS-SC) e Custo Ótimo.

Sobre as incertezas na ACVed, Guimarães (2018) averiguou a combinação de análises estatística e quantitativa. Quanto mais se souber sobre a edificação estudada, mais aderente será a distribuição probabilística definida e mais precisos, os resultados. Já Baiochi (2019) delineou um método multimodal. Os resultados mostraram que a ausência de informações de cada processo em sua base de dados impacta diretamente a precisão da análise de incertezas.

Pulgrossi (2020) investigou a influência que as regras de corte implicam sobre os resultados da ACV de edificações completas. Ele concluiu que o uso das regras de corte, como forma de simplificação, deve ser cauteloso e criterioso, pois diferentes perspectivas podem gerar falsas impressões, implicando em tomadas de decisões equivocadas.

3.3.3 Análise do Ciclo de Vida – Normatização

Nos anos 80, a preocupação com relação às mudanças climáticas e o aumento do buraco na camada de ozônio desencadeou o pensamento com questões ligadas à sustentabilidade. Como resposta à proteção ambiental foi desenvolvida a Análise do Ciclo de Vida (ACV) (ADDIS, 2010).

A busca por soluções sustentáveis para combater problemas ambientais, como o Aquecimento Global é uma realidade, inclusive na construção civil. Existe a necessidade de utilizar materiais, processos e edificações que possuam os menores impactos ambientais possíveis, sendo viáveis ambientalmente, economicamente,

socialmente e tecnicamente. É através desta necessidade que surge a metodologia da ACV, que busca mapear e quantificar os impactos ambientais de materiais, processos e edificações (ALMEIDA; BESSA, 2015).

A *International Standardization for Organization* (ISO) em sua norma 14040 define Análise de Ciclo de Vida como “compilação e avaliação de entradas e saídas (de matérias primas e recursos energéticos) e impactos ambientais potenciais de um produto através de seu ciclo de vida” (NBR, 14040:2001, p.3).

Levantamento detalhado de todas as etapas de um ciclo, de um produto ou serviço, é definido como uma abordagem do tipo *cradle-to-grave*, ou berço ao túmulo.

A norma da ABNT NBR ISO 14040:2009, versão corrigida 2014, traz a ACV como uma técnica que compreende e lida com os impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo; desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final, ou seja, do berço ao túmulo. Essa norma detalha os requisitos para a condução de uma ACV que é composto por quatro fases: definição de objetivo e escopo; análise do inventário; avaliação de impactos e a fase de implementação e aborda, também, os estudos de inventários do ciclo de vida (ICV) que compreendem três fases: definição de objetivo e escopo; análise de inventário e interpretação.

A ACV é uma entre várias técnicas de gestão ambiental e pode não ser a técnica mais apropriada para todas as situações. O conceito de ACV, segundo a norma, é a compilação e avaliação das entradas (fluxo de produto, material ou energia em um processo elementar – menor elemento considerado na análise de inventário do ciclo de vida quantificados); saídas (fluxo de produto, material ou energia que deixa um processo elementar); e, dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto (qualquer bem ou serviço) ao longo do seu ciclo de vida. Dessa forma, a ACV não prevê impactos ambientais absolutos ou precisos (NBR ISO 14040:2009).

O escopo de uma ACV deve especificar as características de desempenho claramente. A unidade funcional fornece referência mensurável sobre os dados de entrada e saída. Todos os procedimentos de cálculo devem ser documentados e validados (NBR ISO 14044:2009).

3.3.4 *Cradle to cradle* - do berço ao berço

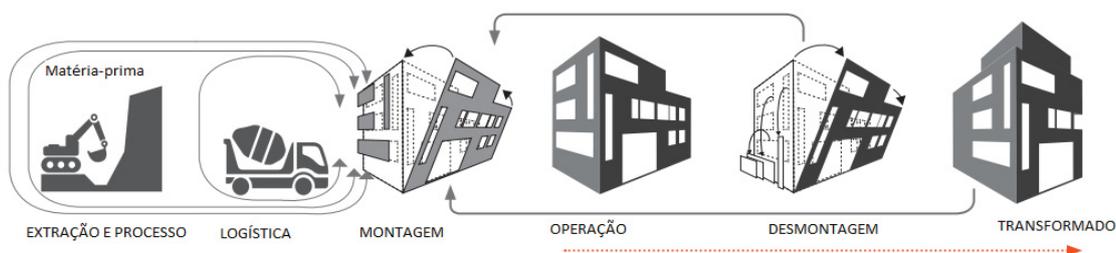
Uma forma de compreender como a noção de sustentabilidade tem permeado a arquitetura é por meio do *Cradle to Cradle*. Trata-se de um conceito de *design* desenvolvido na década de 1990 por Michael Braungart, William McDonough e os cientistas da EPEA *Internationale Umwelt for Schung*, em Hamburgo, Alemanha. O conceito descreve o uso seguro e potencialmente infinito de materiais em ciclos. *Cradle to Cradle* representa inovação, qualidade e bom projeto. É um conceito inspirado na natureza em que os produtos são criados de acordo com os princípios de uma economia circular ideal. O *Cradle to Cradle* segue a linha do *Triple Bottom Line* e sua implementação cria benefícios econômicos, sociais e ecológicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002).

3.3.5 *Building as Material Bank (BAMB)*

Outro aspecto a ser contemplado é o BAMB. A missão do BAMB é permitir a mudança para um setor de construção circular. Remodelação, manutenção e demolição de edifícios criam grandes quantidades de resíduos. Os estoques substanciais de materiais de construção usados são descartados, porque é mais caro ou impossível recuperá-los para reutilização com seu valor intacto (BAMB, 2019).

Edifícios projetados dinamicamente e de forma flexível, de acordo com a Figura 8, podem ser incorporados em uma economia circular - onde os materiais nos edifícios sustentam seu valor. Isso levará à redução de resíduos e ao uso de menos recursos virgens (BAMB, 2019).

FIGURA 8 – O DESIGN CIRCULAR EM TODOS OS ESTÁGIOS DA CONSTRUÇÃO.



FONTE: BAMB (2019)

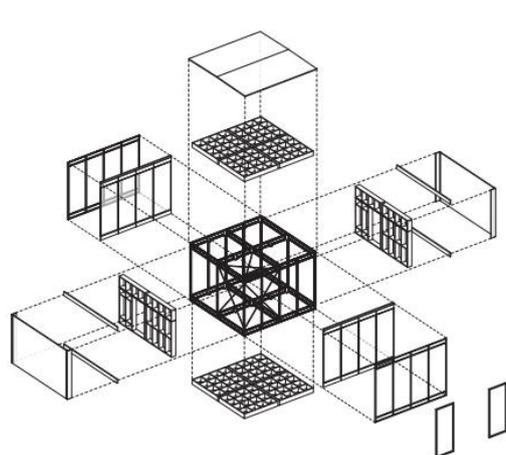
Os edifícios raramente são flexíveis o suficiente para se adaptarem facilmente aos novos requisitos. Projeto de Construção Reversível é o projeto que pode ser facilmente desconstruído, ou onde as peças podem ser removidas e adicionadas facilmente sem danificar o edifício ou os produtos, componentes ou materiais (BAMB, 2019).

Construído durante o ano letivo de 2017-2018, a primeira versão do edifício BRIC foi desconstruída no inverno 2018 (Figura 9), projetado para duas remontagens e desmontagens sucessivas, o projeto incluiu cenários de transformação da construção. Sendo que cada construção tem volume e função diferentes e todos os edifícios sucessivos usam os mesmos materiais e maximizam seu potencial de reutilização (BAMB, 2019).

FIGURA 9 – COMPOSIÇÃO REVERSÍVEL DO SISTEMA DE MÓDULOS.



Construção reversível na concepção

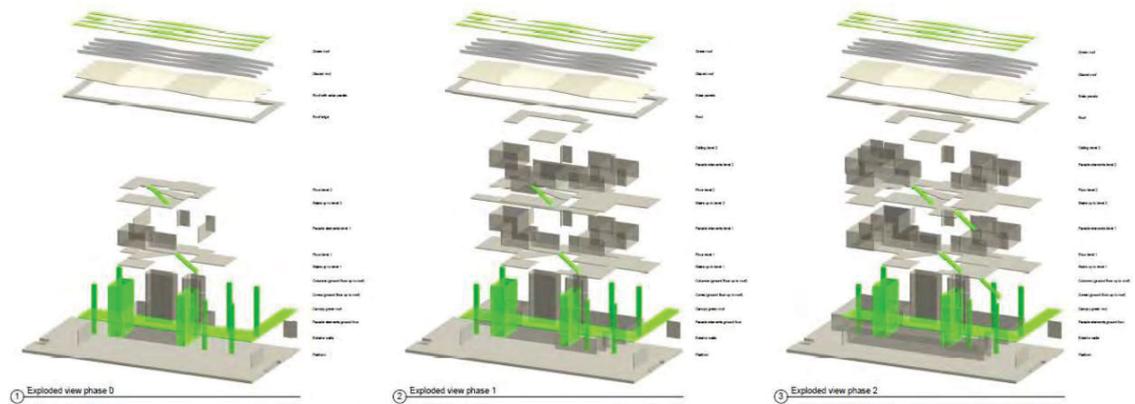


FONTE: BAMB (2019)

Através da introdução de componentes da construção que são padronizados e têm interfaces trocáveis, sem uma perda substancial de valor dos materiais, o projeto permite a transformação de um programa funcional para outro (BAMB, 2017).

O *Green Transformable Building Lab*, Figura 10, é um novo edifício de 150 m² que tem potencial para ser estendido até 1200 m². O GTB Lab atua como uma vitrine do Edifício Reversível e como um edifício pode ser desenvolvido como um banco de materiais.

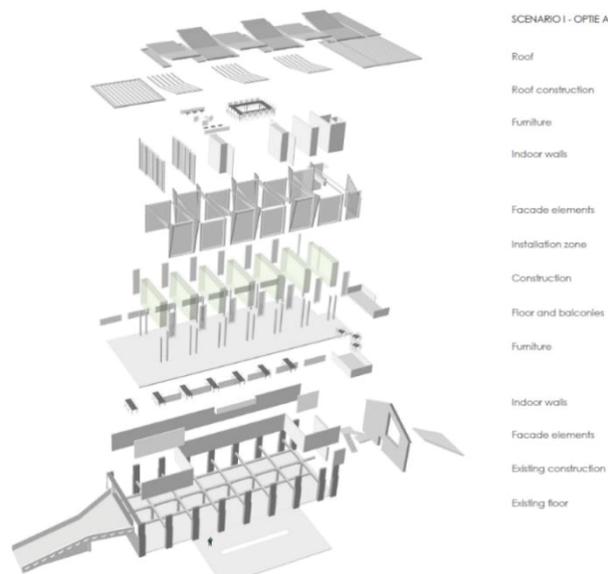
FIGURA 10 – ESQUEMA DA ESTRUTURA DO *GREEN TRANSFORMABLE BUILDING LAB*.



FONTE: BAMB (2017)

O *Green Design Center* (Figura 11) foi um edifício flexível que explora estratégias para intervenções reversíveis de uma forma que pode estender o uso de elementos estruturais existentes e criar espaços reutilizando sua capacidade (BAMB, 2017).

FIGURA 11 – FASE 1 DO *GREEN DESIGN CENTER*.

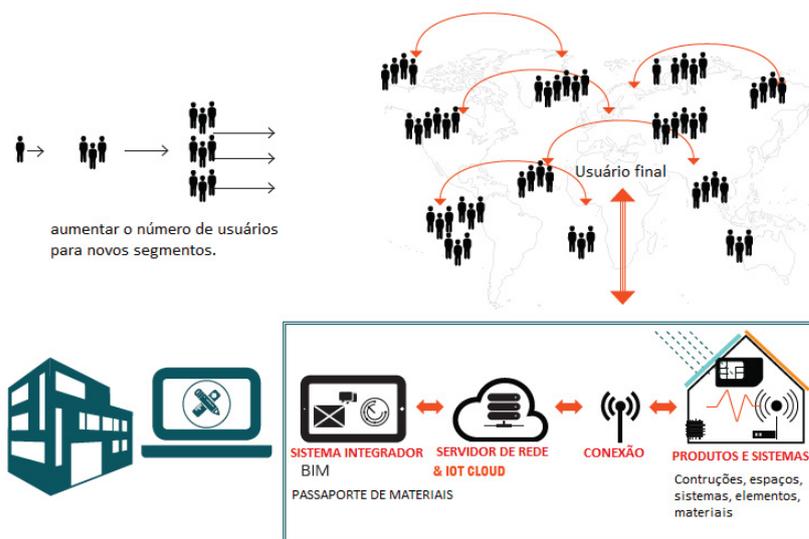


FONTE: BAMB (2017)

O edifício foi desenvolvido com o potencial de ser ampliado e atualizado. A construção deve ser reutilizada a uma taxa de 80% (BAMB, 2017).

Plataformas digitais, modelos BIM e conceitos como dados estruturados (Figura 12) são cada vez mais consideradas ferramentas-chave, assim como espaços de coordenação que oferecem infraestrutura para colaboração (BAMB, 2019).

FIGURA 12 – TRANSFORMAÇÃO DIGITAL.



FONTE: BAMB (2019)

O conceito *Cradle to Cradle*, do berço ao berço, apresenta uma nova abordagem de projeto, e se apoiam na utilização do BIM para a fabricação, construção e manutenção de edifícios dinâmicos e circulares.

BIM, ACV e BAMB são sistemas que se alimentam, complementam-se entre si na busca da real obtenção de todas as vantagens que essas novas tecnologias oferecem de se fazer arquitetura para projetos circulares.

3.4 BUILDING INFORMATION MODELING E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Sem perder a proposta desta tese, e na busca permanente por elucidar também o modo de racionalizar a construção com a finalidade de compreender o cenário em que a sustentabilidade tem sido significada e aplicada. Buscou-se a relação das análises ambientais com o uso do BIM (*building information modeling*).

Nessas condições, a implementação de ACV+BIM altera, não só a tecnologia a ser utilizada no processo, mas também todo o modo de pensar da construção, o modo de projetar e a interação entre os agentes envolvidos, propiciando um ambiente

mais colaborativo e integrado entre todas as partes, através do aumento da comunicação em todo o ciclo de vida do projeto e execução (BARROS, 2016).

Com o BIM, o modelo de uma edificação é feito de forma digital. Quando concluído, esse modelo gerado irá conter a forma geométrica e os dados necessários para dar suporte a fase da construção, fabricação e os insumos para construção. Se implantado de maneira correta, ajuda na integração entre o processo de projeto e construção, resultando melhor qualidade, além de custo e prazo reduzidos (EASTMAN, 2014).

Na ACV tradicional, uma vez que o objetivo é definido, primeiramente todos os quantitativos de um projeto razoavelmente detalhado são extraídos manualmente e só então a ACV é processada. Se há mudanças na solução, a listagem de material e, conseqüentemente, a ACV deve ser reprocessada a cada vez, com alta intensidade de tempo, trabalho e custos relacionados. A execução dos cálculos referentes aos indicadores ambientais, dentro do modelo BIM, pode fornecer ao projetista um *feedback* automático e fundamentar uma tomada de decisão mais robusta para melhorar o desempenho ambiental de edificações (BARROS, 2016).

3.4.1 Nível de desenvolvimento

Um objeto inteligente é diferente de uma entidade CAD que contém poucos metadados ou nenhum. Esta variedade de dados e os seus métodos de transferência entre os envolvidos no modelo BIM podem ser classificados e de acordo com a maturação BIM numa multiplicidade de formas (SUCCAR, 2009).

Desenvolvido pelo AIA (*The American Institute of Architects*) em 2008, o LoD (*Level of Development*) é uma referência que permite aos profissionais da construção civil especificar, com alto grau de clareza, o conteúdo e a confiabilidade do modelo BIM em vários estágios do processo de projeto (BIMForum, 2017).

Cada nível de LoD deve incluir dados progressivamente mais detalhados em seu modelo BIM correspondente (DUPUIS et al., 2017). O LoD300 parece ser o mais adequado para verificar os impactos ambientais durante os estágios iniciais do projeto (SOUST-VERDAGUER et al., 2017).

Portanto, o LoD do modelo BIM deve ser definido e regulado de acordo com a profundidade e a precisão da ACV (YANG et al., 2018). A aplicação da ACV durante os estágios iniciais do projeto deve ser feita em um LoD que permita uma modelagem rápida e um cálculo fácil e preciso dos impactos ambientais (SOUST-VERDAGUER et al., 2017).

Gomes e Barros (2018) exploram contribuições da modelagem BIM para o processo de ACV de edificações com a extração automática de quantitativo de materiais a partir de modelo com nível de desenvolvimento LoD300 e a inserção de parâmetros ambientais diretamente no modelo.

3.4.2 Revisão da Literatura Internacional

Uma pesquisa da literatura foi realizada sobre a temática BIM e ACV para a compreensão das contribuições e serão relatados nesse tópico.

No levantamento dos trabalhos que se relacionam com a temática, a busca se deu por título: (BIM *and* LCA) e tempo estipulado: 2000 e 2018. As bases de dados pesquisadas foram: *ScOPUS* com 13 (treze) resultados, *Web of Science* com 10 (dez) resultados, *EBSCO Discovery Service* (EDS) com 3 (três) resultados, *ProQuest* com 5 (cinco) resultados e *ASCE Library* com 3 (três) resultados.

Najjar et al. (2017) avalia a metodologia de ACV de um estudo de caso com base nas diretrizes ISO 14040 e 14044, usando o Autodesk Revit como um modelo BIM; os aplicativos *Green Building Studio* e *Tally* como ferramentas para alcançar as análises ambientais.

Embora a ACV esteja cada vez mais presente nas demandas do setor de construção, os profissionais continuam buscando novas formas de incorporar tal metodologia nos processos de projeto e construção de edifícios da maneira mais direta possível. Uma possibilidade promissora é a integração dos dados de ACV aos componentes de construção na plataforma BIM (BUENO; FABRICIO, 2018).

Os resultados, a partir de uma revisão da literatura, mostram a viabilidade de desenvolver métodos baseados em modelos BIM para organizar informações de construção usadas para estimar os impactos ambientais e de consumo de energia baseados em ACV, incluindo: modelos e *plug-ins* para o software BIM e a integração

de processos automatizados combinando diferentes dados e *softwares* (SOUST-VERDAGUER et al., 2018).

Ao integrar a ACV com BIM, é necessária uma abordagem mais holística. Além disso, essas ferramentas devem ser implementadas desde as fases iniciais do projeto, já que a capacidade de influenciar o projeto é maior nessas fases (ANTÓN; DÍAZ, 2014).

Nessa perspectiva, para apoiar a tomada de decisões nos estágios críticos de projeto inicial, Röck et al. (2018a) propõem um fluxo de trabalho usando modelos BIM conceituais e *scripts* visuais para testar uma ampla variedade de possíveis opções de construção.

O modelo BIM conceitual pode avaliar uma variedade de composições de materiais dos diferentes elementos de construção do projeto do edifício (RÖCK et al., 2018b).

Yang et al., (2013) apresentam uma estrutura, na qual as informações de todos os conjuntos e materiais são extraídas do BIM como dados de entrada para o modelo ACV. A estrutura permite um processo dinâmico de otimização e avaliação do projeto e ajuda a integrar a análise ecológica e econômica.

Shadram, et al. (2016) simula com evento discreto, através de um *framework* que integra BIM e ACV, a fim de apoiar a avaliação ambiental.

Shin e Cho (2015) avaliaram maneiras de se obter informações precisas usando uma ferramenta BIM e desenvolveram uma estrutura baseada em planilha do Excel que permite a implementação simultânea de ACV.

Os modelos BIM não possuem dados para uma análise ACV de todo o edifício. Para combater essa falta de informações detalhadas, insumos manuais são frequentemente necessários ao usar um modelo BIM (DUPUIS et al., 2017).

Jalei e Jrade (2014), fizeram a interface BIM e ACV vinculado a um banco de dados externo que, por sua vez, é associado ao BIM e avalia sua energia incorporada.

A integração de dados ambientais no *Software* de Cálculo de Demanda de Energia vinculado aos casos de BIM é recomendada para aqueles que calculam poucos indicadores ambientais (por exemplo, emissões de CO₂) e aplicam uma ACV parcial (por exemplo, construção, manutenção e demolição) (SOUST-VERDAGUER; LLATAS; GARCÍA-MARTÍNEZ, 2017).

Para suprir a necessidade da falta de determinadas informações, algumas ferramentas de *software* foram desenvolvidas para integrar a análise ambiental na plataforma BIM, a fim de facilitar essa avaliação durante o processo de projeto (BUENO; FABRÍCIO, 2016).

Nessa perspectiva, os trabalhos na sequência revelam com mais clareza as relações estabelecidas entre o modelo BIM e ACV.

3.4.3 Revisão da Literatura Nacional

Esta revisão buscou publicações brasileiras com a interface BIM e ACV publicados de acordo com Witicovski e Tavares (2018), e apresentados nesse tópico de maneira sucinta. A primeira busca por periódicos na base de dados CAPES, apresentou 17 (dezesete) resultados e apenas 1 (um) resultado com publicação brasileira, dos autores Bueno e Fabricio (2016).

Dessa forma, 20 (vinte) arquivos entre artigos, dissertações e teses foram selecionados, porém, 13 (treze) destes foram analisados.

Diante do Quadro 7, apresenta-se a síntese das metodologias adotadas pelos autores acerca da temática. Nota-se que o objetivo comum é a pesquisa por referências que apresentem a interface BIM e ACV, todos os autores fizeram buscas nacionais e estrangeiras.

QUADRO 7 – METODOLOGIA DA REVISÃO SISTEMÁTICA

ANO	ARTIGO	Palavras-chave
2017	Araújo et al.	“Building Information Modeling,” “BIM,” “LCA” e “Building”
Investigaram quais são os meios utilizados para realizar ACV de edificações durante a etapa de projeto e planejamento com softwares BIM.		
2016	Mass; Scheer; Tavares	Sustentabilidade na construção e BIM
Integração e colaboração entre BIM e sustentabilidade.		
2016	Barros; Silva	BIM e LCA (<i>Life Cycle Assessment</i>)
Pesquisa comparativa entre fluxos de trabalho de ACV com e sem auxílio de BIM para avaliação do consumo de energia incorporada e emissão de GHGs do berço ao fim-de-vida de uma edificação.		
2015	Caldas et al.	BIM; Green BIM, BIM e LCA (<i>Life Cycle Assessment</i>).
Pesquisaram abordagem BIM por diferentes pesquisadores; <i>software</i> de modelagem em 3D, <i>software</i> ambiental de primeiro e segundo nível e certificação ambiental utilizada no terceiro nível.		
2015	Machado; Simões; Moreira	BIM, ACV e LCA
Procedimentos metodológicos da ACV; contribuição do BIM para otimização dos procedimentos da ACV; e os benefícios da integração para qualificar o processo de projeto, planejamento e gestão de construções sustentáveis.		
2015	Machado; Moreira	BIM, ACV e LCA
Identificaram as vantagens e desvantagens das ferramentas BIM integradas aos procedimentos da ACV.		
2015	Oliveira; Scheer; Tavares	Impactos ambientais pré-operacionais.
Exploraram as formas de integração entre o processo de modelagem BIM e as análises energéticas de edificações.		

FONTE: Witicovski e Tavares (2018)

Caldas et al. (2015), com base nos trabalhos pesquisados, concluiu que: o formato (extensão) gbXML foi a mais utilizada, com 77,8%; o *software* Autodesk Revit *Architecture* foi o mais empregado, com 77,8%; o SimaPro foi o *software* ambiental de primeiro nível mais utilizado, com 42,9%; enquanto o Autodesk Ecotect foi o *software* de segundo nível mais utilizado, com 26,7%; a certificação LEED a de terceiro nível, com 66,7%.

Machado et al. (2015) contemplaram um quadro-síntese de dificuldades dos procedimentos convencionais da ACV e os pontos efetivos do BIM como agente facilitador, demonstrando potencialidades da integração na gestão sustentável do ambiente construído.

Machado e Moreira (2015) identificaram as vantagens e as desvantagens das ferramentas BIM integradas aos procedimentos da ACV. Conclui-se que a medição dos impactos ambientais em uma ACV simplificada pode ser alcançada nas próprias

ferramentas BIM, mediante pré-configuração do modelo da construção para inserção dos dados.

Oliveira et al. (2015) levantaram estudos que relatam diferentes limitações de análises energéticas por simulação e exemplos que consideram a Análise Energética Preliminar através da avaliação de EE e CO₂ incorporado como base de dados de uma ferramenta BIM.

Mass et al. (2016) analisaram a relação entre sustentabilidade e BIM pesquisada em literatura técnica e nos casos conduzidos por pesquisadores, percebe-se que ele pode ser uma ferramenta útil, permitindo redução de erros, geração de dados automática, resultados mais rápidos, tomada de decisões e escolha de alternativas antecipada, e acompanhamento do ciclo de vida.

Barros e Silva (2016), na sua pesquisa bibliográfica, do total de artigos encontrados, o método de extração automática de dados a partir do modelo BIM foi o mais abordado pelos artigos (25%); seguido pelas pesquisas em interoperabilidade entre as ferramentas computacionais (21%). Outros artigos trataram de desenvolver novos artefatos computacionais para integrar BIM e performance ambiental, através da otimização (8%) e da programação (8%).

Araújo et al. (2017) realizaram uma revisão sistemática da literatura para identificar estudos que relacionam ACV e ferramentas BIM. Os autores sugeriram a criação de métodos mais fáceis e voltados principalmente para o mercado da construção civil, assim como, o desenvolvimento de APIs (*Application Programming Interface*, ou em português, Interface de Programação de Aplicativos) no ambiente BIM que auxiliem a interoperabilidade com a ACV.

Na sequência, a segunda análise apresenta pesquisa ação da interface BIM e ACV das bibliografias relacionadas.

Silva e Lima (2021) apresentam uma abordagem que permite a utilização de bancos de composições de custos para o levantamento de materiais e de inventários de ciclo de vida em ambientes BIM. Para tanto, foram utilizadas rotinas de programação para permitir a conversão e organização dos dados, além da personalização de um *software* multifunção BIM para permitir a quantificação dos elementos.

Rinkevicius et al. (2021) verificou o uso do BIM, por meio do aplicativo *Tally*, na ACV de uma edificação brasileira com foco no sistema de envoltória. Os resultados demonstraram que o aplicativo, associado ao *software* REVIT auxiliou a elaboração da ACV.

Azevedo (2019) desenvolveu a Análise de Ciclo de Vida Energético (ACVE) e Análise de Ciclo de Vida de CO₂ (ACVCO₂) do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*) de uma habitação unifamiliar em *wood frame*. Com o emprego do BIM, criou parâmetros iniciais e de cálculo na ferramenta Revit possibilitando que os dados levantados de EE e CO₂ fossem inseridos dentro dos materiais que compõe o sistema, facilitando o cálculo total das etapas pré-operacional (exceto obra), manutenção e pós-operacional. Além disso, com a inserção das propriedades térmicas nos materiais no Revit e o uso do formato *gbXML*, foi viável a troca de dados entre as ferramentas Revit e *OpenStudio*, para quantificação da etapa operacional e avaliação do conforto térmico da habitação, sem a necessidade de ter que modelar o edifício e inserir os materiais e propriedades térmicas novamente no *software* de simulação.

Borges et al. (2018) estudou a aplicação do BIM na ACV de edificações a partir de um estudo de caso utilizando *softwares* que trabalham na plataforma BIM, o Autodesk Revit e o *Design Builder*. Foi possível estimar as emissões de CO₂ na fase de pré-uso de uma edificação escolar. No entanto, notou-se problemas na questão da interoperabilidade quando o modelo é exportado do primeiro para o segundo *software*.

Bueno e Fabrício (2016) fizeram o levantamento do estado da arte acerca da integração de estudos de avaliação ambiental na plataforma BIM e apresentaram o uso do Revit para ilustrar como as propriedades ambientais de um componente construtivo devem ser apresentadas na interface do *software*.

Bueno e Fabrício (2018) organizaram um *workshop* e o usuários utilizaram o *plug-in Tally* diretamente na interface de um *software* BIM (no caso o Revit) em um projeto simplificado e responderam a um questionário.

Barros et al. (2015) compararam o fluxo de trabalho em ACV com a adoção de BIM. Ao se considerar a ACV desde a concepção do projeto, a coleta de dados para a ACV é mais precisa e consistente.

Marcos e Yoshioka (2015) utilizaram uma ferramenta projetual com tecnologia BIM como forma de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo

de desenvolvimento do projeto. Inseriram dados ambientais no *software* ArchiCad, agregados aos materiais de construção relativos aos dois sistemas construtivos.

Marcos e Tavares (2013) analisaram a emissão de CO₂ no processo construtivo de habitações de interesse social, utilizando a ferramenta ArchiCad contendo informações atribuídas aos elementos construtivos. O estudo de caso foi realizado em dois modelos de habitação: alvenaria e madeira.

Graf et al. (2012) utilizaram um modelo geométrico criado na ferramenta Revit contendo informações atribuídas aos elementos construtivos, dados de energia incorporada e de CO₂ incorporado, transformados em informações relacionadas aos impactos ambientais da edificação.

Para Pulgrossi e Silva (2020) as regras de corte para o inventário, na literatura e na prática, há basicamente duas condutas: recomendado por normas, a EN 15804 que admite cortes no inventário na ausência de dados apropriados desde que, documentados de forma transparente, ou as adotadas por certificações ambientais e por exclusão de componentes por subsistema construtivo.

As certificações de desempenho ambiental relacionadas à ACV serão relatadas no próximo item, explorando suas vantagens encontradas na literatura.

3.5 CERTIFICAÇÕES DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Na tentativa de melhorar os benefícios ambientais reais, as principais certificadoras têm inserido o uso da técnica de ACV em seu sistema, ainda que de forma facultativa e com pequena participação no resultado (PULGROSSI, 2020).

A arquitetura de edifícios altos com destaque para a arquitetura ambiental, possui sistemas de avaliação, formato *checklist*, para obtenção de certificações, o que não representa uma metodologia ou procedimento de projeto para um melhor desempenho ambiental. Assim, faz-se necessária uma avaliação quantitativa referente aos índices e uma avaliação qualitativa, fazendo a distinção entre uma arquitetura com qualidade ambiental de uma que busca valores de mercado (UMAKOSHI, 2014).

Segundo Bueno et al. (2011) as categorias de avaliação: processo de projeto, conexões, implantação, consumo de recursos, emissões, conforto e qualidade ambiental, serviços, aspectos econômicos e planejamento de operação, são

uniformizadas ao se comparar os principais sistemas de avaliação ambiental (*GBTool*, *Green Globler*, *LEED 2009* e *AQUA*), conforme Quadro 8.

QUADRO 8 – CATEGORIAS PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO

Categorias de avaliação	Categorias a serem comparadas por Sistema de Certificação			
	GBTool (COLE; LARSSON, 2002)	Green Globler (SKOPEK; BRYAN, 2002)	AQUA (FCAV, 2008)	LEED (USGBC, 2009)
Processo de Projeto		Gestão de projeto	Escolha integrada de produtos, sistemas, processos construtivos	Inovação e processo de projeto
Conexões	Transportes diários		Relação do edifício com o seu entorno	Localização e ligações
Implantação		Terreno		Sítios sustentáveis
Consumo de recursos	Consumo de recursos	Energia; Água; Gestão de energia; Recursos;	Gestão da água; Eficiência da Água; Escolha integrada de produtos, sistemas, processos construtivos	Energia e atmosfera; Materiais e recursos;
Emissões	Cargas ambientais	Emissões, efluentes e outros impactos	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	Energia e atmosfera
Conforto e qualidade ambiental	Qualidade ambiental interna	Ambiente interno	Conforto higrotérmico; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto olfativo; Qualidade sanitária dos ambientes, do ar e da água.	Qualidade do ambiente interno;
Serviços	Qualidade do serviço			
Aspectos Econômicos	Economia			
Planejamento e operação	Gerenciamento		Canteiro de obras com baixo impacto ambiental; Manutenção – permanência do desempenho ambiental;	Conscientização e educação;

FONTE: Bueno et al. (2011).

De acordo com Bueno (2014), as seguintes limitações dos sistemas construtivos, sob uma ótica holística de desempenho ambiental, foram constatadas pelos sistemas de certificação:

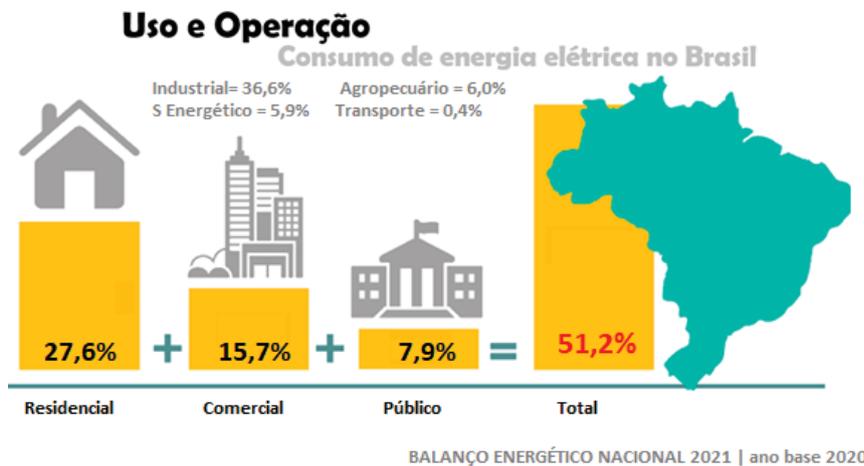
- Utilização de materiais certificados não disponíveis no mercado brasileiro;
- Classificação e certificação de materiais e sistemas construtivos demonstra ser uma prática pouco factível devido à escassez de dados sobre a origem de matérias-primas, processos e recursos para produção.

3.6 ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

A construção civil é um dos setores que mais exerce impactos negativos sobre o meio ambiente, principalmente pelo alto consumo de recursos e uso de energia. Por conta disso, o setor construtivo também pode ser uma grande possibilidade de contribuir com a diminuição dos impactos sobre o meio ambiente, sejam eles relacionados à energia, às mudanças climáticas, ou ao esgotamento dos recursos naturais (FORNACIARI, 2018).

Na Figura 13 são explicitados os dados do Balanço Energético Brasileiro do ano base de 2020.

FIGURA 13 – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2021.



FONTE: Adaptado pela autora, Matriz Energética Brasileira (2021).

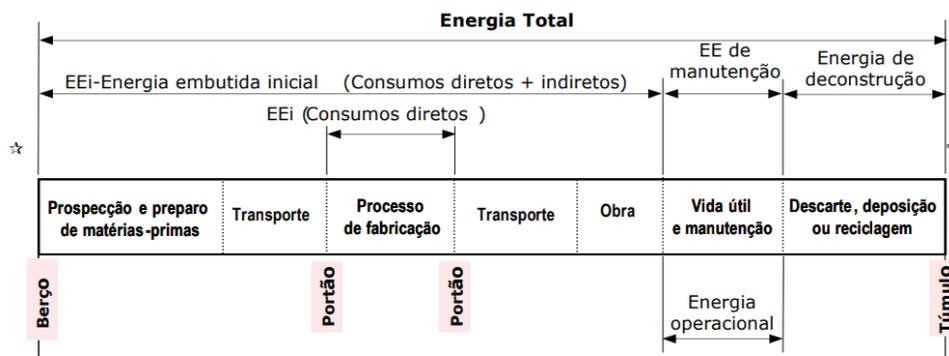
Nota-se que os setores industrial, residencial e comercial consomem 79,8% da energia elétrica disponibilizada no país em 2020 (EPE, 2021). Desse modo, os edifícios em fase de uso podem ser peças chaves para atingir os objetivos ambientais, especialmente considerando que é nesta fase que ocorre o maior consumo de energia ao longo do ciclo de vida da edificação. Os edifícios residenciais, em especial, são

diretamente afetados pelas grandes mudanças tecnológicas e de hábitos que ocorreram nos últimos anos, tornando-se obsoletos e não propiciando níveis de conforto adequados aos usuários (FORNACIARI, 2018).

O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução desse consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações (PROCEL, 2022).

Na metodologia de ACV, o ciclo de vida energético das edificações é dividido em três etapas: pré-operacional, operacional e pós-operacional, de acordo com a Figura 14.

FIGURA 14 – CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA EDIFICAÇÃO.



FONTE: Tavares (2006).

Considera-se como pré-operacional toda a energia requisitada para a construção da edificação, a chamada EE – Energia Embutida. A etapa operacional contabiliza todos os gastos energéticos para o funcionamento da edificação e valores de EE de manutenção. A fase pós-operacional considera a energia para demolição e disposição dos resíduos. O impacto ambiental associado aos materiais está diretamente relacionado à origem da energia empregada na sua produção (OLIVEIRA et al., 2015).

O uso de energia tem sido intensivo e crescente desde a Revolução Industrial. Ela é essencial para o funcionamento dos mais diversos setores e atividades da sociedade (LAMBERTS et al., 2010)

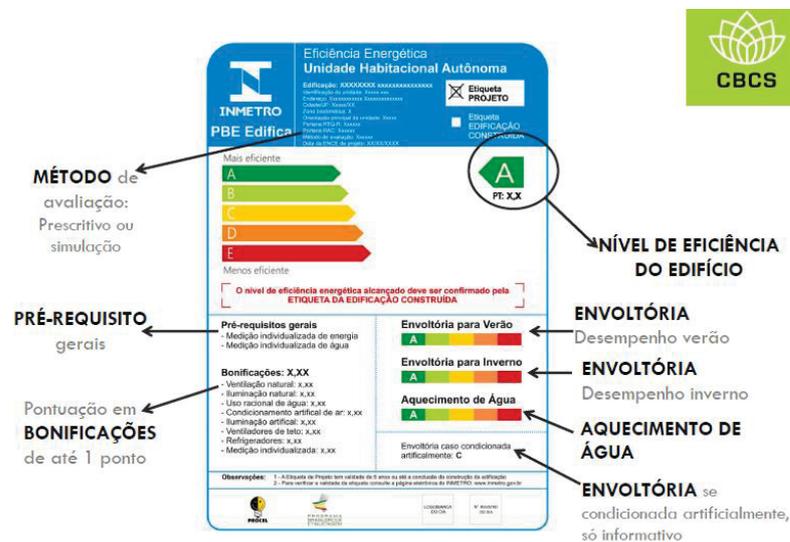
Essa constatação respinga no projeto arquitetônico que deveria ser desenvolvido contemplando estratégias e soluções para o uso racional da energia elétrica sem prejudicar o conforto térmico, lumínico e acústico (LAMBERTS, S/D).

Para Lamberts et al. (2004), um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu usuário, com menor consumo de energia.

Na busca por eficiência energética nas edificações, destacam-se duas estratégias importantes: a introdução de novas tecnologias e a mudança de hábitos de consumo, incentivadas por programas e políticas de conservação e uso racional de energia (LAMBERTS et al., 2010).

No PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (PROCEL, 2022). A Figura 15 apresenta um exemplo de etiqueta PBE edifica.

FIGURA 15 – ETIQUETA PBE EDIFICA.

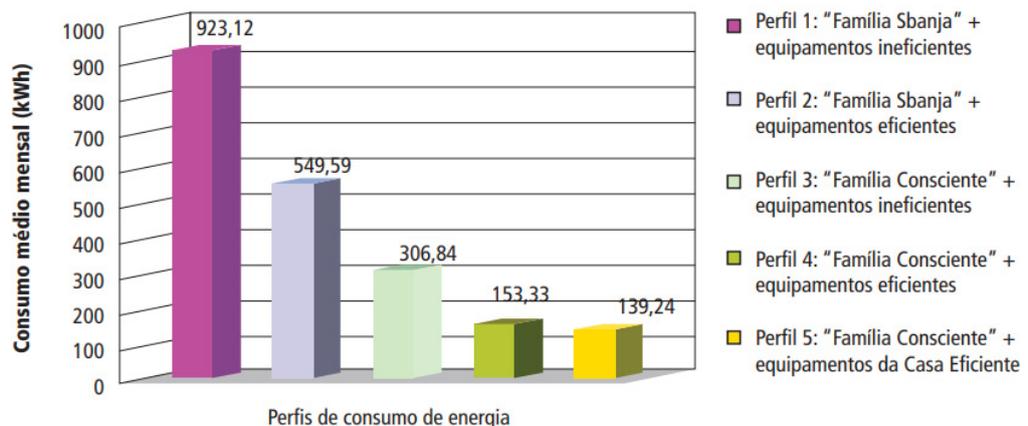


FONTE: PROCEL (2015).

A Etiqueta PBE Edifica, que é outorgada pelo Inmetro, evidencia o atendimento a requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos (RTQ's). É um retrato do potencial de economia de energia daquela edificação na etapa de projeto ou na etapa de edificação construída, possibilitando o conhecimento do nível de eficiência energética das edificações. Enquanto o Selo Procel Edificações, outorgado pela Eletrobras, objetiva premiar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, classificações estas informadas através da Etiqueta PBE Edifica, Figura 10. O Selo Procel Edificações também é outorgado na etapa de projeto e na etapa da edificação construída (PROCEL, 2022).

Lamberts et al. (2010) analisaram cinco perfis de consumo na casa eficiente, de acordo com o Gráfico 4, e observaram uma economia de 83% do consumo médio mensal de energia elétrica em relação ao perfil 1 comparado ao perfil 4. Os resultados foram obtidos nas simulações através da mudança de equipamentos e adoção de hábitos conscientes de consumo.

GRÁFICO 4 – CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ENERGIA PARA OS DIFERENTES USUÁRIOS



FONTE: Lamberts et al. (2010).

A preocupação do projeto da Casa Eficiente com a eficiência energética é demonstrada pelas características construtivas, valorizando o aproveitamento da iluminação natural e da ventilação natural, pelas escolhas de equipamentos com Selo PROCEL e etiqueta "A" de eficiência energética e, por fim, pela utilização de uma fonte renovável para geração de energia e aquecimento de água: o Sol (LAMBERTS et al., 2010).

Energia limpa é aquela que não libera, durante seu processo de produção ou consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento

global. As fontes de energia que liberam quantidades muito baixas desses gases ou resíduos também são consideradas fontes de energia limpa. Podemos citar como exemplo de energias limpas a energia eólica, solar, biocombustíveis e biogás (SANTOS, 2017).

Brugnera (2018), afirma que ter como premissa a eficiência energética atrelada ao projeto arquitetônico pode garantir edifícios melhores não apenas energeticamente, mas também ambiental e economicamente.

3.7 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS

As normas de desempenho são estabelecidas buscando atender aos requisitos dos usuários que se referem aos sistemas que compõem edificações habitacionais, independente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado (NBR 15575-1:2021).

Cabe ao projetista o papel de especificar materiais e processos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido pela norma com base no desempenho declarado pelos fabricantes dos produtos a serem empregados em projeto (NBR 15575-1:2021).

Dada a responsabilidade do projetista, cabe a ele conhecer e aplicar as noções circunscritas à sustentabilidade nas especificidades do projeto. O desempenho térmico, por exemplo, é um dos aspectos a serem racionalizados.

O desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade.

O desempenho térmico deve ser realizado para ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional (UH). Para o procedimento simplificado, é avaliado o desempenho térmico da UH por meio de características geométricas dos APP e de propriedades térmicas dos sistemas construtivos. Esse procedimento permite a análise para a obtenção do nível mínimo de caráter obrigatório (NBR 15575-1:2021).

O procedimento de simulação computacional avalia o desempenho térmico da UH por meio do desenvolvimento de modelos computacionais. Esse procedimento

permite a avaliação para os atendimentos aos níveis mínimo, intermediário e superior. O método é a comparação do desempenho térmico do modelo real em relação ao mesmo modelo com características de referência (NBR 15575-1:2021).

O modelo real deve representar a edificação analisada, conforme as suas características volumétricas, percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, propriedades térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento externos fixos na fachada, quando existentes (NBR 15575-1:2021).

O programa de simulação computacional deve, ainda:

- Estar de acordo com a ASHRAE 140, segundo o procedimento de teste da Classe I.
- Modelar efeitos de inércia térmica.
- Modelar trocas de calor entre a edificação e o solo.
- Calcular cargas térmicas latente e sensível.
- Ser capaz de simular o sombreamento como brises, sacadas e entorno.
- Ser capaz de simular os efeitos da ventilação cruzada em um ambiente, ou entre dois ou mais ambientes.

No que compete ao processo de avaliação do desempenho térmico de edificações, o clima representa um dos condicionantes mais influentes, inclusive inviabilizando determinadas soluções de projeto. Portanto, é essencial que a base de arquivos climáticos utilizada em simulações computacionais de desempenho térmico possua características bem definidas. Esses dados são distribuídos junto ao programa *Energy Plus* (TR 15575-1:2021).

3.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO

O choque do petróleo gerou uma transformação na arquitetura, nos padrões de projeto e no papel de responsabilidade no cenário energético internacional. Os fechamentos dos edifícios tornaram-se uma preocupação projetual devido às condições externas ambientais, aos requisitos funcionais dos espaços internos e ao alto consumo de energia. Eventos históricos contribuíram para mudanças em direção ao *design* sustentável que começaram na década de 1970.

A busca pela temática da avaliação ambiental coaduna com a necessidade discutida e defendida da noção de sustentabilidade permear as decisões que envolvem a construção civil. Embora a ACV esteja cada vez mais presente nas demandas do setor de construção, os profissionais continuam buscando novas formas de incorporar tal metodologia nos processos de projeto e construção de edifícios da maneira mais direta possível.

As técnicas de ACV no Brasil carecem de ferramentas adequadas e dados atualizados para a composição de inventários, portanto, são utilizadas ferramentas de outros países.

O uso do BIM pode avaliar uma variedade de composições de materiais dos diferentes elementos de construção do projeto do edifício. A estrutura permite um processo dinâmico, avaliação do projeto e integra a análise ecológica e econômica.

A construção civil é um dos setores que mais exerce impactos negativos sobre o meio ambiente, principalmente pelo alto consumo de recursos e uso de energia. Por conta disso, o setor construtivo também pode ser uma grande possibilidade de contribuir com a diminuição dos impactos sobre o meio ambiente, sejam eles relacionados à energia, às mudanças climáticas, ou ao esgotamento dos recursos naturais.

Nota-se que os setores industrial, residencial e comercial consomem 79,8% da energia elétrica disponibilizada no país em 2020. O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Desse modo, os edifícios em fase de uso podem ser peças-chaves para atingir os objetivos ambientais, especialmente considerando que é nesta fase que ocorre o maior consumo de energia ao longo do ciclo de vida da edificação.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

No capítulo anterior, foi realizado um levantamento bibliográfico como parte do procedimento de constatação do estado da arte acerca dos assuntos que tangem a contemplação da sustentabilidade quer seja no ensino ou a teoria aplicada nesta investigação. Na esteira dessas discussões, este capítulo se incumbe de esclarecer o processo e procedimento metodológico adotado para o desenvolvimento desta pesquisa.

Os levantamentos realizados provocam a averiguação sobre a temática, uma vez que iniciar uma investigação científica é reconhecer a crise de um conhecimento já existente e tentar modificá-lo, ampliá-lo, contestá-lo ou substituí-lo.

No que compete à metodologia tem-se, no sentido semântico, o conceito de uma caminhada que se faz para ir além do conhecimento que se tem aqui e agora. Então, ainda que resultante de processos científicos é naturalmente provisório do ponto de vista da possibilidade de sua superação por meio de novas pesquisas e avanços tecnológicos (MARQUES et al., 2006).

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O desafio colocado ao pesquisador se constitui na coleta e análise (crítica) dos dados: a sua hierarquização, a elaboração de referências bibliográficas e os seus desdobramentos em categorias analíticas e, de outro lado, a efetivação da análise propriamente dita da documentação.

O estudo é classificado como **pesquisa científica aplicada**, uma vez que tem como objetivo a geração de conhecimentos para aplicação prática é dirigida à solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2001).

Nesta tese, a sustentabilidade com os conceitos de ACV foram as estratégias de tomada de decisões incorporada no processo de projeto inicial.

O Quadro 9 apresenta a classificação da pesquisa desenvolvida nesta tese quanto a sua natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

QUADRO 9 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA		
Natureza	Aplicada	Aplicação prática dirigida à solução de problema específico sobre a sustentabilidade como tomada de decisões no processo de projeto inicial.
Abordagem do problema	Qualitativa	Descrever a aplicação dos conceitos de ACV em disciplinas isoladas do curso de arquitetura e urbanismo. Unir os conceitos isolados ao Trabalho de Conclusão de Graduação.
Objetivos	Descritiva; Pesquisa-ação	Fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, com a participação do pesquisador. O Projeto Piloto será analisado para entendimento da atuação profissional de arquitetos que realizam análises ambientais.
Procedimentos técnicos	Bibliográfica; Experimental	Revisão sistemática da literatura, revisão bibliométrica da literatura e experimentos com simulação computacional no Projeto Piloto para a compreensão dos procedimentos de como realizar uma ACV.

FONTE: da Autora.

O **objetivo descritivo** é o procedimento adotado para se obter maiores informações sobre determinado tema, até mesmo com a finalidade de se chegar a problemas específicos (MARQUES et al., 2006).

Além de explorar a aplicação prática de como realizar uma ACV, a partir de um Projeto Piloto, o conhecimento do processo e as dificuldades encontradas em cada passo a passo permitiu a reflexão sobre as exigências do mercado da construção civil frente às problemáticas ambientais e o que as Normas Brasileiras exigem como procedimento.

Tal entendimento permitiu, a partir da **pesquisa-ação**, aplicar esses conhecimentos, adquiridos no Projeto Piloto e, explorar os conceitos de ACV de maneira teórica e prática na sala de aula, para que o futuro arquiteto-urbanista tenha condições técnicas de desenvolver projetos mais sustentáveis aprendidos ao longo do curso de Arquitetura e consiga aplicá-los no Trabalho de Conclusão de Graduação, bem como na conduta profissional.

Na abordagem de pesquisa-ação, o docente desempenha um papel de pesquisador sobre: o conteúdo do ensino; o grupo; a didática; a comunicação; a melhoria da aprendizagem dos estudantes; os valores da educação; e o ambiente em que esta ocorre (TRIOLLENT; COLETTE, 2013, p.209).

De acordo com Cervo et al. (2007), a observação participante ocorre quando o observador passa a fazer parte do objeto de pesquisa. E segundo Lorenzi (2021), o

método pesquisa-ação busca unir a investigação à ação. A ação requer reflexão em um processo cíclico, trata-se, portanto, de um método que tem a interação entre pesquisados e pesquisador.

Após a aplicação prática e teórica das disciplinas, as análises foram realizadas no intuito de propor possíveis melhorias ao processo para uma nova aplicação didática.

Essa aplicação em sala de aula foi caracterizada com ações da etapa de Teste Acadêmico, desenvolvido em duas instituições de ensino superior do Paraná. As disciplinas foram relatadas de maneira descritiva e as análises do procedimento, com pontos de melhorias, se deram de maneira qualitativa.

As características da **pesquisa qualitativa** são: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender e explicar. Coleta dados sem instrumentos formais e estruturados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

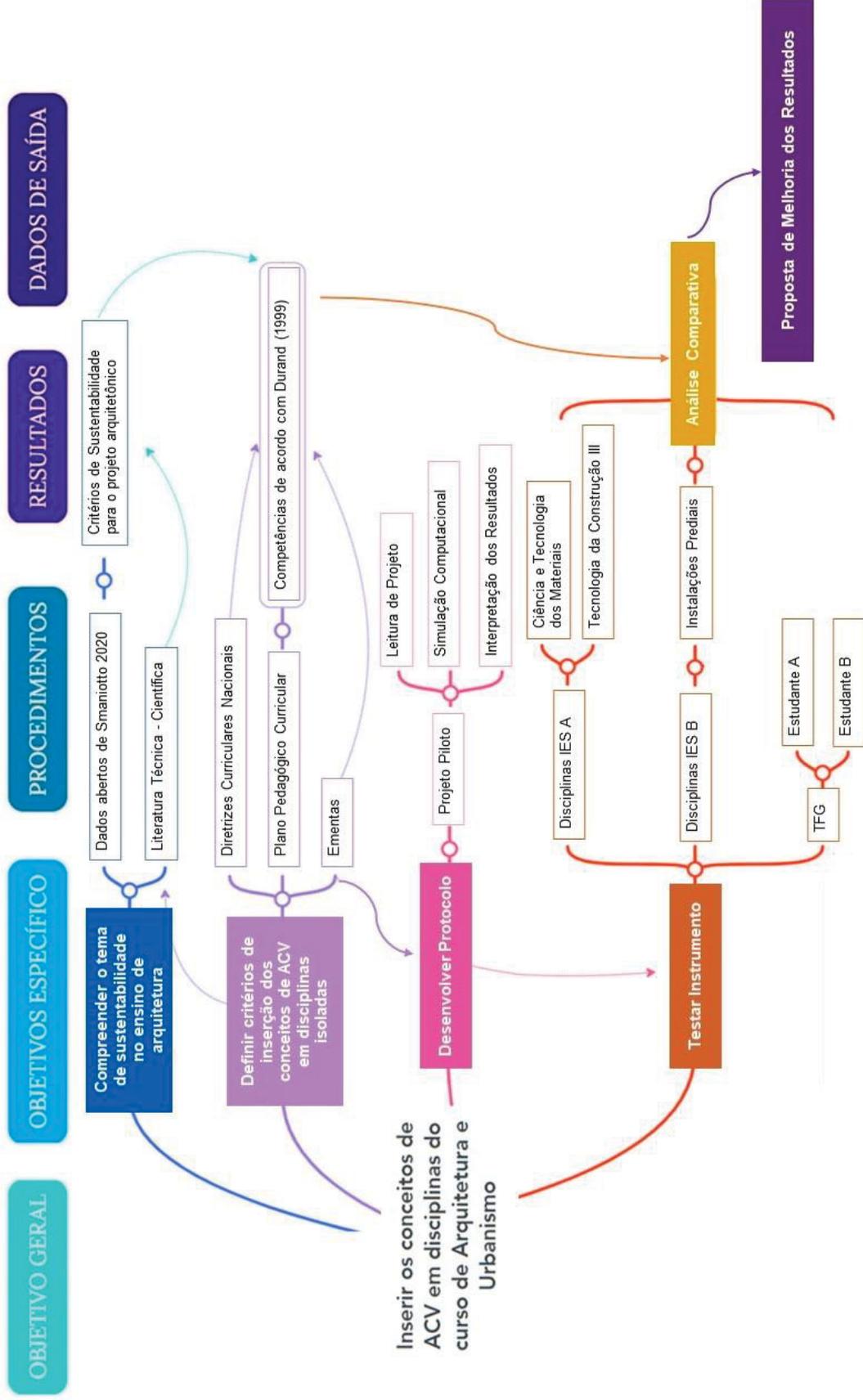
A grande maioria dessas pesquisas envolve: levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007). Que serão mais bem esclarecidas nas etapas de pesquisa.

4.2 ETAPAS DE PESQUISA

A pesquisa se constitui como um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos (MORESI, 2003).

Essa busca imprime os objetivos que, por sua vez, serão alcançados a partir dos procedimentos metodológicos, apresentados no mapa mental representado na Figura 16.

FIGURA 16 – ESTRATÉGIAS, OBJETIVOS E PROTOCOLO DE PESQUISA.

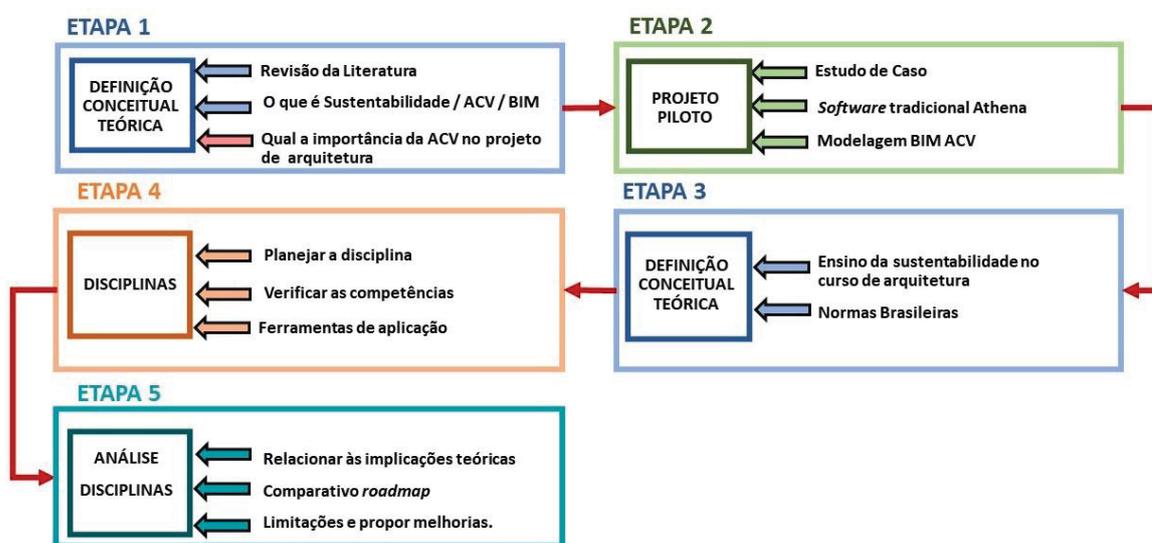


FONTE: da Autora.

Outro desafio que se põe ao pesquisador, nessa abordagem, constitui na coleta e análise (crítica) dos dados: a sua hierarquização, a elaboração de referências bibliográficas e os seus desdobramentos em categorias analíticas e, de outro lado, a efetivação da análise propriamente dita da documentação.

Para o alcance do objetivo previsto nesta tese, serão apresentadas cinco etapas distintas. A Figura 17 elucida as etapas que compreendem essa pesquisa:

FIGURA 17 – ESTRUTURA DA PESQUISA EM ETAPAS.



FONTE: da Autora.

A Etapa 1 e 3 consistem em embasamento teórico e levantamento acerca da temática, a fim de compreender os condicionantes estruturais e conjunturais a que se vinculam a temática hierarquizados em três capítulos.

A Etapa 2 consiste em um Projeto Piloto, no qual será realizada a coleta de dados, levantamento e simulação computacional de uma ACV. A Etapa 4 consiste na pesquisa-ação em que problemáticas encontradas no projeto piloto serão aplicadas em disciplinas isoladas contendo os conceitos de ACV e em conjunto com a aplicação dos conceitos no trabalho final de graduação.

A Etapa 5 consiste na análise do objeto de estudo tendo como procedimento um exercício de observação, seleção e estruturação das informações, reunindo todas as variáveis e elementos pertinentes ao trabalho. Desse modo, será possível identificar as principais potencialidades e falhas assumindo posição, comparando os resultados e propondo melhorias.

Os primeiros objetivos são atingidos por meio da investigação na literatura científica para o entendimento conceitual dos procedimentos sobre ACV e como se dá a sua aplicação na construção civil com o uso do BIM. A partir dos pontos relevantes observados, as fases que possuem maior impacto ambiental e das lacunas, como o ensino da sustentabilidade, uma nova revisão foi realizada sobre a sustentabilidade no processo projetual e no ensino no curso de Arquitetura e Urbanismo.

4.2.1 Revisão Bibliográfica

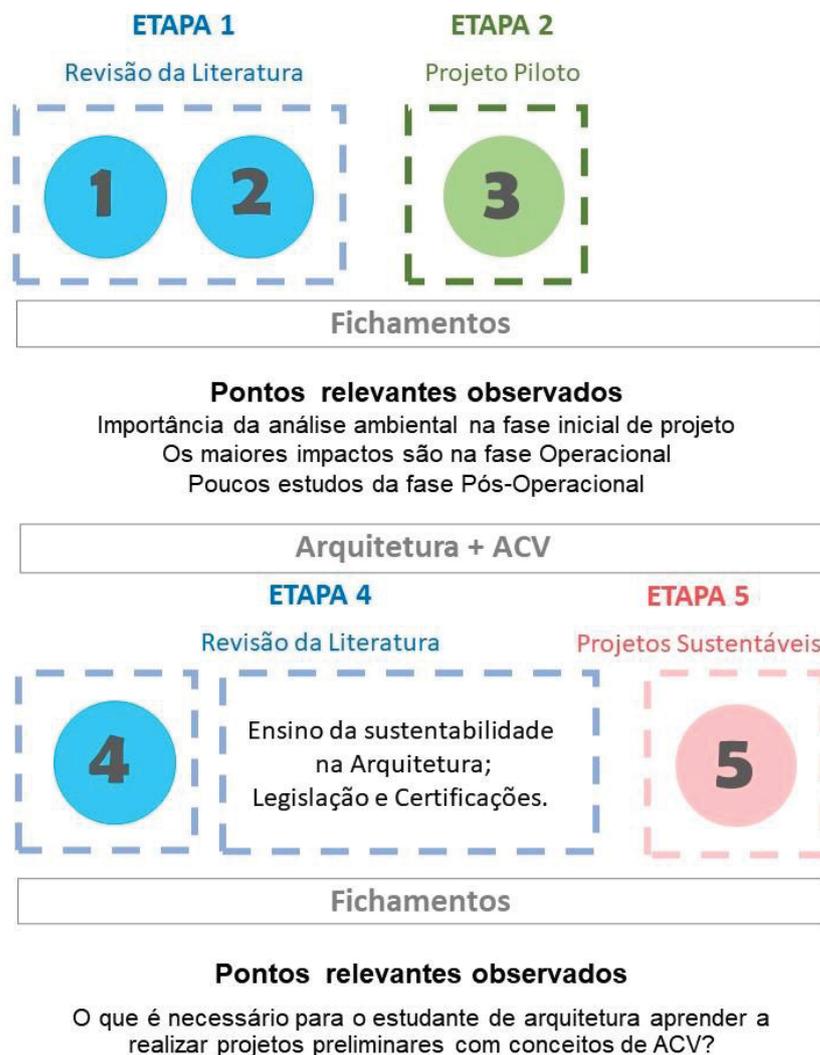
A pesquisa sobre temas relacionados à sustentabilidade favoreceu a definição de contornos mais precisos do problema a ser estudado.

A revisão da literatura, portanto, foi estruturada em dois artigos, um deles foi publicado em congresso:

- WITICOVSKI, L. C.; TAVARES, S. F. . SCHEER, S. Análise bibliométrica de artigos científicos na área de BIM (*Building information modeling*) e ACV (análise do ciclo de vida). **Artigo de disciplina.**
- WITICOVSKI, L. C.; TAVARES, S. F. . Integração da modelagem da informação da construção (BIM) e a avaliação do ciclo de vida (ACV). In: GCV 2018: Congresso brasileiro sobre gestão do ciclo de vida: Brasília-DF 17 a 20 de junho de 2018, Brasília. Anais do VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018. p. 863-870.

A Figura 18 ilustra o percurso desenvolvimento para inserção de novos conceitos para o Referencial Teórico.

FIGURA 18 – PERCURSO DA EXPLORAÇÃO DA REVISÃO DA LITERATURA.



FONTE: da Autora.

Os pontos principais para a estruturação desta tese sobre a literatura foram consolidados no Capítulo 2 e 3.

A primeira etapa desenvolvida foi a revisão da literatura nacional com o procedimento de uma revisão sistemática buscando entender quais as aplicações entre ACV e BIM. A Figura 19 foi formatada através de um artigo publicado no VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018, Brasília.

FIGURA 19 – PROCEDIMENTO DA REVISÃO SISTEMÉTICA ACV E BIM.



FONTE: Witicovski e Tavares (2018).

Diante do exposto, foi possível concluir que a medição dos impactos ambientais em uma ACV simplificada pode ser alcançada nas próprias ferramentas BIM, mediante pré-configuração do modelo da construção para inserção dos dados, descritos detalhadamente no artigo.

Assim, foi desenvolvido um novo artigo de disciplina que teve como objetivo caracterizar as publicações em um estudo exploratório de caráter bibliográfico. Para tanto, foi utilizada a bibliometria para realizar a exploração bibliográfica.

A Bibliometria é uma ciência constituída por leis e princípios empíricos estatísticos que contribuem para o estabelecimento da fundamentação teórica da área de Ciência da Informação. A aplicação das leis e princípios bibliométricos possibilita a produção de diferentes indicadores de grande relevância para o tratamento e a gestão da informação e do conhecimento, especialmente em sistemas de recuperação da informação, de comunicação e de avaliação científica (GUEDES, 2012).

O recorte estabelecido para a bibliometria, se deu no intervalo temporal definido entre 2000 e 2018, para tanto, estabeleceu-se o uso de indicadores bibliométricos. Apresentados nesta tese de maneira resumida. Foram incluídas como fontes de busca bases de dados digitais de acordo com a Figura 20.

FIGURA 20 – PROCEDIMENTO DA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA ACV E BIM.

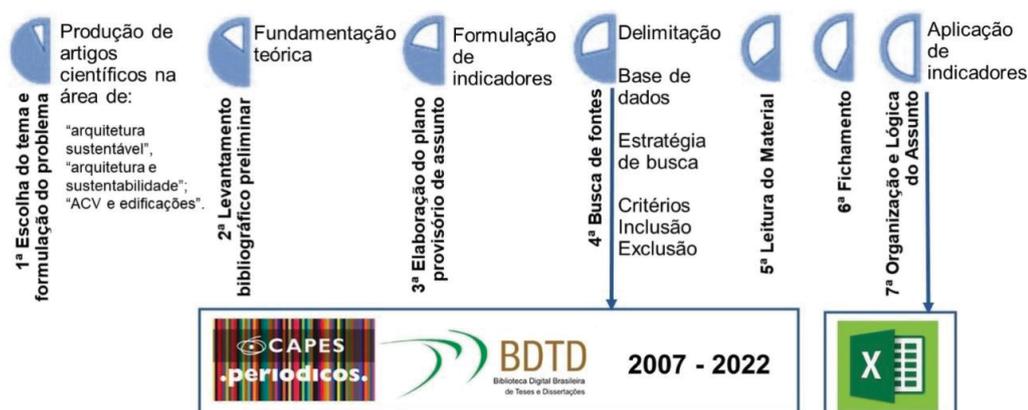


FONTE: da Autora (2018).

Avaliou-se também o perfil evolutivo da produção de artigos científicos em BIM e ACV, constatando seu *status* ativo e maior representatividade em periódicos.

De acordo com as lacunas encontradas na revisão da literatura sobre ACV e BIM, a busca revelou a necessidade de um aprofundamento sobre as relações entre o projeto arquitetônico e sustentabilidade nas fases iniciais de projeto. A Figura 21, apresenta as etapas dessa busca. Alguns autores relatavam experiências sobre o ensino de sustentabilidade em Arquitetura.

FIGURA 21 – PROCEDIMENTO DA RS ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE.



FONTE: da Autora.

Dessa forma, o direcionamento desta tese se voltou para a aplicação desses conceitos de ACV no ensino de projetos arquitetônicos, amadurecido a partir da experiência do Projeto Piloto.

4.2.2 Projeto Piloto

Para a compreensão de como é realizada uma ACV foi cursada a disciplina de projetos mais sustentáveis do programa de pós-graduação em Engenharia Civil da UFPR e nela desenvolvido um Projeto Piloto.

O objetivo do Projeto Piloto desenvolvido na disciplina da UFPR foi a apresentação de um seminário, a fim de explorar *softwares*, de maneira prática, para a realização de uma ACV. Primeiramente escolheu-se o *software* Athena, e posteriormente, utilizou o BIM para a modelagem do projeto padrão da Minha Casa Minha Vida. A ACV foi realizada através de plugins, *Tally* e *OneClick* no Revit. Os resultados foram publicados em artigos de congresso.

- WITICOVSKI, L. C.; WOSCH, L. V. J.; AZEVEDO, N. C.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Avaliação do ciclo de vida de habitação residencial brasileira utilizando o *software Athena Impact Estimador for Buildings*. In: 3º Congresso Luso - Brasileiro de Materiais de construção sustentáveis, 2018, Coimbra. CLBMCS - 3º Congresso Luso - Brasileiro de Materiais de construção sustentáveis, 2018. p. 112-112.
- WITICOVSKI, L. C.; AZEVEDO, N. C.; WOSCH, L. V. J.; TAVARES, S. F.; FREITAS, M. C. D.; SILVA, A. C. *Challenge softhe life cycle evaluation in Brazilian constructions*. In: *III Encuentro Latinoamericano y Europeo de Edificaciones y Comunidades Sostenibles*. EUROELECS., 2019, Santa Fé, Argentina. Libro de Actas, 2019.

Na sequência, a experiência com a realização do piloto gerou inspiração para a implantação didática desse processo de ACV em conjunto com projeto arquitetônico. O que favoreceu a definição do *roadmap* de disciplinas e as competências a serem aplicadas de forma experimental.

4.2.3 Protocolo de inclusão ACV nas disciplinas

A proposta de inserção dos conceitos de ACV se estabelece, inicialmente, por meio do entendimento dos projetos pedagógicos do curso e da análise das ementas das disciplinas para compreender de que forma o conceito de sustentabilidade se encaixaria no plano e possibilitaria maiores aprofundamentos.

O planejamento da disciplina se baseou na definição de competências e seus eixos de acordo com Durand (1999), como se pode observar no Quadro 10:

QUADRO 10 – SÍNTESE DOS CONCEITOS DE COMPETÊNCIAS

COMPETÊNCIAS	
CONHECIMENTOS	
HABILIDADES	
ATITUDES	

FONTE: Durand (1999).

Dessa forma, foi sistematizado as competências propostas por Durand (1999) para cada uma das disciplinas relacionando-as aos estágios da ACV. O passo a passo de planejamento de cada disciplina foi construído a partir de gráficos contendo as suas etapas apresentadas mais adiante, no Capítulo 5.

Na aplicação das disciplinas, foi utilizado a competência instrumental de acordo com Cebrián et al. (2007). Os itens analisados e relacionados foram: a capacidade de análise e síntese; habilidades básicas de manejo do computador; habilidade de gerenciamento da informação; a resolução de problemas e tomada de decisão.

As atividades práticas desenvolvidas pelos estudantes foram apresentadas após exploração teórica sobre os conceitos de sustentabilidade e ACV. As análises de resultados alcançados foram desenvolvidas de acordo com os autores: Leite (2005), Umakoshi (2014), Durmisevic (2019), Azevedo (2019) e Bueno et al. (2011) que tinham uma relação com cada uma das disciplinas isoladas, de acordo com o Quadro 11.

QUADRO 11 – TÁTICAS DE VALIDAÇÃO DA PESQUISA

PROBLEMA	OBJETIVO	UNIDADE DE ANÁLISE - disciplinas			
		PRÉ-OPERACIONAL Ciência dos Materiais + Tecnologia da Construção III	OPERACIONAL Instalações Prediais	PÓS OPERACIONAL Tecnologia da Construção III	TFG
O que?	Revisão Sistemática.	Impactos ambientais dos materiais. Decomposição tecnologia construtiva.	Desempenho da construção. Eficiência energética.	Processo Projeto do berço ao berço.	Processo Projeto mais sustentável
Como?	Lacunas de conhecimento, <i>Softwares</i> e Normas	Projeto Integrado	Simulação de energia; Certificações;	Projetos Reversíveis; BAMB	LoD; <i>Template</i> de análises ambientais
Como proceder?	Explorar critérios de solução para os problemas identificados em autores da Revisão da Literatura.	Critérios qualitativos e maquete experimental. Aplicar metodologia de Leite (2005).	Critérios qualitativos e quantitativos. Analisar pela metodologia de Umakoshi (2014).	Critérios qualitativos de projeto. Analisar pela metodologia de Durmisevic (2019).	Critérios qualitativos da simulação computacional. Aplicar metodologia de Azevedo (2019).
Análise em Conjunto	Análise comparativa de sistemas de certificação	Critérios estabelecidos por Bueno et al. (2011).			

FONTE: da Autora.

A verificação da etapa de materiais construtivos, tecnologia construtiva e de compatibilização de projetos, da fase pré-operacional, fora analisada a partir dos conceitos de ensino-aprendizagem propostos por Leite (2005), de acordo com o Quadro 12. A competência em Arquitetura e Urbanismo implica em precisão e acerto da representação projetual.

QUADRO 12 – CONCEITOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE TECNOLOGIA EM AU

CONCEITOS DE ENSINO APRENDIZAGEM	MÉTODOS DE OPERACIONALIZAÇÃO	METAS DE APRENDIZAGEM PRETENDIDAS
Domínio tecnológico		
Aprendizado por problematização e estímulo à inventividade		
Competência e compromisso com o acerto		

FONTE: adaptado de Leite (2005).

O protocolo para os critérios qualitativos, que não podem ser medidos nem quantificados, da fase operacional, que possuem influência relevante no desempenho do edifício são divididos em três áreas de interesse, conforme Umakoshi (2014): impacto no entorno, qualidade ambiental e eficiência energética. As estratégias elencadas pela autora serão preenchidas de acordo com o desenvolvido em disciplina, conforme o Quadro 13.

QUADRO 13 – CRITÉRIOS QUALITATIVOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ESTRATÉGIA	SOLUÇÕES PROJETUAIS
Redução do consumo de energia comparado aos padrões locais, por intermédio de estratégias arquitetônicas;	
Estratégias para diminuição de demanda energética nas horas de pico através de novas tecnologias;	
Redução do impacto de demanda na rede;	
Inclusão de estratégias passivas de iluminação e ventilação;	
Estratégias de tratamento de fachada para redução do consumo de energia;	

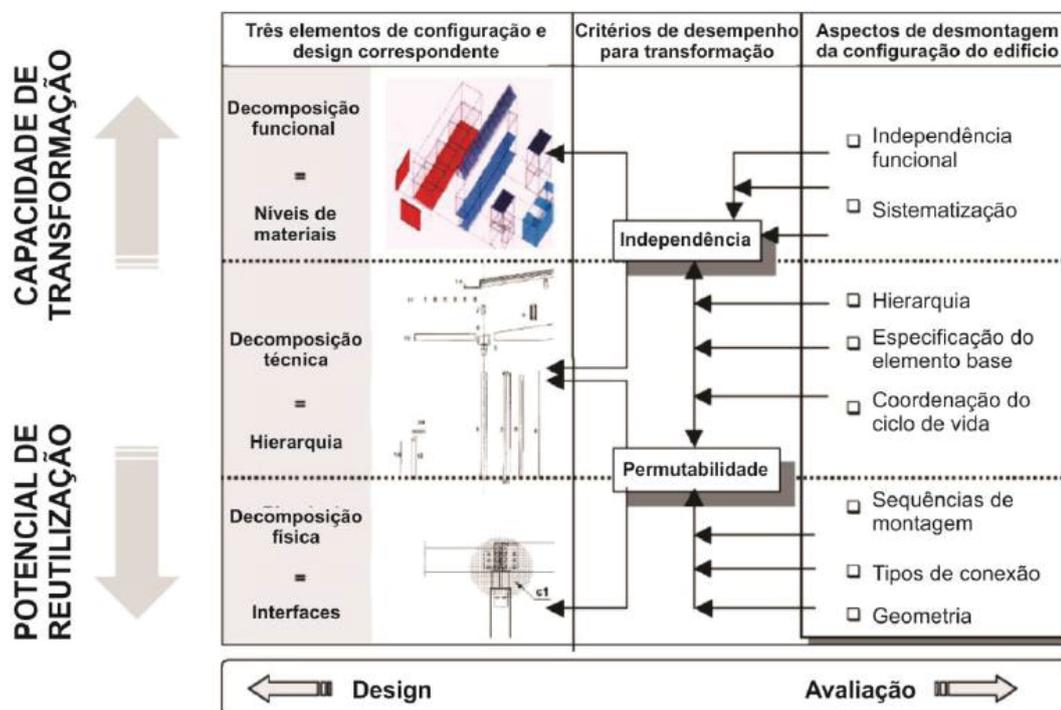
FONTE: adaptado de Umakoshi (2014).

O protocolo de coleta de dados dos casos com conceito berço ao berço, fase Pós-Operacional, se deram a partir dos critérios de reversibilidade técnica de acordo com os três grupos propostos por Durmisevic (2019): domínios de *design* para desconstrução; critérios de *design*; e, requisitos de concepção.

A autora aponta que alguns requisitos devem ser cumpridos para que as estruturas reversíveis estimulem o manejo consciente de matérias-primas e uma alta capacidade de transformação e reutilização.

São eles: acessibilidade, variabilidade, reuso, substituição, reconfiguração e reciclagem, como está representado na Figura 22.

FIGURA 22 – GRUPOS DE FATORES DA REVERSIBILIDADE TÉCNICA



FONTE: Durmisevic (2019).

No TFG, como protocolo de análise e desenvolvimento do projeto arquitetônico, será utilizado o *template* desenvolvido por Azevedo (2019). Serão utilizados tanto os dados inseridos nos objetos desenvolvidos para o Revit, tanto quanto os dados do *Open Studio* para o procedimento de simulação termo-energética, a partir da exportação do Revit e também da volumetria desenvolvida no *SketchUp*.

Dessa forma, a preocupação com a utilização dos *softwares* será para que o estudante conheça as possibilidades de simulação computacional, a prática não é a de que o estudante aprenda configurações, inserção de dados ou formatações.

Para tanto, os estudantes desenvolverão um projeto arquitetônico com o partido sustentabilidade. De acordo com o art. 9º, alínea “b”, da Resolução CNE/CES nº 6/2006 o Trabalho de Curso é componente curricular obrigatório e realizado ao longo do último ano de estudos.

Com tais procedimentos, o processo metodológico se constitui uma das partes mais importantes desta tese, haja vista que todos os esforços empreendidos aqui se voltam para uma proposta não só de reflexão como também de aplicação prática a partir da qual se incitam novas práticas didático-pedagógicas empreendidas no processo de formação do profissional da arquitetura.

5 DESCRIÇÃO DOS CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DESTA PESQUISA

Diante da preocupação iminente desta pesquisa com a formação do acadêmico, destaca-se a fragmentação do conhecimento que configura o modo de ser e pensar dos sujeitos e se generaliza e se reproduz por meio da organização social e educacional. Em contrapartida à esta tendência, a teoria da complexidade e da transdisciplinaridade, ao propor a religação dos saberes compartimentados, oferece uma perspectiva de superação do processo de fragmentação.

Nesse contexto, que temáticas da vida cotidiana deveriam impregnar as disciplinas científicas? Como resposta à discussão, no curso de Arquitetura, não dá margem a dúvida de que é sobre as emergências mundiais em busca de um restabelecimento do planeta, como citado por Roaf et al. (2006) na introdução desta tese e entendendo como “lema” deste trabalho: o planeta precisa de eco arquitetos, que projetem edifícios passivos e eficientes.

Desse modo, a proposta de ensino transversal, de acordo com Araújo (2014), pressupõe uma nova estrutura organizacional, repensar os procedimentos pedagógicos e metodológicos incluindo os espaços, conteúdo e principalmente a mudança de papéis entre docentes e discentes compatíveis com os avanços sociais, rompendo a fragmentação do conhecimento. Unindo e articulando a transversalidade com a transdisciplinaridade.

5.1 PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA

A partir dos dados abertos de Smaniotto (2020), percebeu-se que ao analisar os Projetos Pedagógicos apenas, não é possível compreender como o conhecimento sobre a sustentabilidade é discutido nas disciplinas ou ainda as suas relações pluri, inter ou transdisciplinar.

Em princípio, fez-se uma análise nos Projetos Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo em duas Instituições de Ensino Superior Particular do Paraná, aos quais, algumas das disciplinas serão relatadas no Capítulo 6 sobre o viés da sustentabilidade.

Analisou-se também mais quatro IES públicas do Paraná que foram selecionadas a partir da disponibilidade de documentação com dados abertos.

5.1.1 Curso de Arquitetura e Urbanismo da Instituição de Ensino Superior A

A Instituição de Ensino Superior (IES) A é uma instituição privada sem fins lucrativos. Os objetivos da IES abordam a formação de profissionais com conhecimentos técnicos, humanísticos, ambientais e histórico-sociais necessários ao entendimento, interpretação e intervenção na realidade nacional e regional. Nos objetivos específicos, os itens relacionados à sustentabilidade são:

- O equilíbrio ecológico e o desenvolvimento sustentável do ambiente natural e construído;
- Formar profissionais com ampla visão de ocupação espacial e ambiental e das repercussões sociais das intervenções arquitetônicas e urbanísticas.

A análise se baseou no Projeto Pedagógico do Curso, de 2013, e no Projeto de Pedagógico Institucional da IES que será nomeada nesta tese como A, os acessos foram a partir de documentos disponibilizados no site da instituição. Os planos de ensino foram disponibilizados na semana de planejamento aos docentes.

Além da educação profissional e da transformação da sociedade, o papel do curso de Arquitetura e Urbanismo é despertar para a responsabilidade ambiental, assim como para a social, ética e para o pensamento crítico.

As matrizes curriculares sofreram alterações ao longo dos últimos anos, preservando as Diretrizes Curriculares vigentes, de forma a atualizar o currículo e adequá-lo em termos de carga-horária.

No PPC não há estratégias descritas do envolvimento dos discentes em atividades que haja a prestação de serviços relacionadas ao curso de Arquitetura e Urbanismo. Nesse sentido, esta pesquisa é pensada a partir das experiências da docência que implicou, entre as atribuições que lhe são conferidas, em atividades desenvolvidas para a comunidade como: readequação de espaços e confecção de mobiliários desenvolvidos pelos discentes nas semanas de Arquitetura e Urbanismo. O PPC apresenta apenas a organização curricular quanto às diretrizes Pedagógico-Didáticas.

Para tanto, há um regulamento do projeto integrador, geralmente as turmas o realizam no 4º bimestre, sendo que durante a pandemia de COVID19 o projeto não foi desenvolvido.

A disciplina de Projeto Arquitetônico é a espinha dorsal e todas as demais disciplinas cursadas desenvolvem atividades que se insiram neste projeto. Os docentes, em reunião, decidem a estratégia de conteúdo e o produto a ser entregues no formato de banca avaliativa, como um treinamento para o TFG.

O objetivo disso é promover a interação entre diversas disciplinas ministradas ao longo do ano, visando à construção de um conhecimento holístico e o incentivo ao saber crítico-reflexivo, bem como o incentivo ao trabalho em equipe.

A estrutura curricular do curso apresenta-se no Quadro 14 com trechos parciais das ementas relacionadas à sustentabilidade, com informações contidas no PPC, objetivos da disciplina e bibliografias, e a partir dos Planos de ensino como informações complementares. As disciplinas que se relacionam com a sustentabilidade são:

QUADRO 14 – ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS IES A

DISCIPLINA	EMENTA E PLANO DE ENSINO (trecho)
Conforto ambiental e térmico	Arquitetura Bioclimática e sustentabilidade. Conceitos básicos da bioclimatologia e educação ambiental. Estratégias projetuais e construtivas para adequação climática de edificações. Conceitos básicos sobre desempenho térmico. Requisitos de desempenho e dimensionamento de aberturas.
Projeto Arquitetônico I	Concepção projetual projeto arquitetônico de pequeno porte a médio porte, com a temática Eco Arquitetura.
Paisagismo	Eco eficiência. Paisagem urbana e a Sustentabilidade. Impactos Ambientais das edificações.
Urbanismo I e II	Metodologias para projetos urbanísticos: (...)comportamento ambiental. Sustentabilidade urbana: Aspectos ambientais: estudos sobre os impactos bióticos e antrópicos dos sistemas urbanos.
Infraestrutura Urbana	Aspectos físico-ambientais: estudos sobre os impactos bióticos e antrópicos dos sistemas urbanos; sustentabilidade urbana. Impactos ambientais de obras de infraestrutura.
Ciência e Tecnologia dos Materiais	Considerações para seleção e especificação de materiais; Questões econômicas; Questões ambientais e sociais.
Tecnologia da Construção I	Capacitar o aluno a especificar materiais de construção (...)respeitando os conceitos de uso racional dos materiais e de respeito pelo meio ambiente.
Tecnologia da Construção II	Considerar as restrições atuais da economia, conservação e uso racional de água potável e de energia elétrica em edifícios.
Estruturas Arquitetônicas II	Sistema <i>Drywall</i> , Sistema <i>Steelframe</i> , Sistema <i>Wood Frame</i>
Administração de Obras e Serviços	Noções de Compatibilização de Projetos. Noções de Qualidade e Produtividade. Eliminação de desperdícios.

FONTE: da Autora baseado nos documentos da IES A.

Todas as disciplinas elencadas no quadro acima fazem parte do núcleo profissionalizante, de acordo com a Resolução nº 1 de 2021.

As palavras-chaves para a seleção dos trechos das ementas que fazem referência ao conteúdo programático das disciplinas e que se relacionam à sustentabilidade, abordada nessa tese de acordo com a revisão da literatura, são: sustentabilidade; arquitetura bioclimática; eco arquitetura; educação ambiental; impactos ambientais; impactos bióticos e antrópicos; questões ambientais na seleção de materiais; construções enxutas; racionalização dos materiais; eliminação de desperdícios; eco eficiência; conservação e uso racional de água e energia.

O núcleo de conteúdos profissionais, em termos de plano de estudo, atividades práticas e teóricas, individuais ou em equipe, fica a critério da instituição e a sua organização possui flexibilidade e liberdade. No entanto, o parecer CNE/CES nº 112/2005 dá definições de que a instituição defina com clareza as formas de realização da interdisciplinaridade.

As referências bibliográficas que fazem alusão às disciplinas relatadas são: uma sobre eficiência energética; uma sobre iluminação e clima e uma sobre resíduos.

Na IES A, a proposta de interdisciplinaridade é horizontal, referente às disciplinas desenvolvidas no 4º bimestre em conjunto para um único projeto arquitetônico com o envolvimento de todos os docentes, realizada anualmente.

5.1.2 Curso de Arquitetura e Urbanismo Instituição de Ensino Superior B

A IES B é uma instituição privada e o seu Projeto Pedagógico do Curso, reflete as expectativas educacionais da Resolução Nº 1, de 27 de setembro de 2013. A versão do PPC analisada é de 2019 e o documento foi disponibilizado pela coordenação de curso por e-mail. É válido explicitar que há uma nova versão em andamento.

Em busca de inovação dos processos, os valores da IES são baseados na sustentabilidade. O propósito da análise é compreender a inserção da temática sustentabilidade nas práticas pedagógicas e proposta de aplicação do ensino. A IES B possui uma proposta de ações de sustentabilidade a ser desenvolvida com os discentes descritos no PPC.

Dos Projetos de Responsabilidade Social há a sugestão que estimula a participação dos estudantes a desempenharem um papel ativo na sociedade: prestação de serviços na qual os discentes propõem melhorias relacionadas ao conforto ambiental no ambiente escolar buscando uma adequação ambiental de espaços escolares.

Essa sugestão, ancorada no princípio da interdisciplinaridade, implicaria no relacionamento entre os componentes curriculares da matriz e é contextualizada como diretrizes e abordagens pedagógico-didáticas. Nessa dinâmica, a disciplina de Projeto Arquitetônico passa a ser uma disciplina integradora, desenvolvida para que diversas disciplinas do semestre se agrupem em um projeto único.

No tocante aos objetivos da IES, tem-se a conservação do meio ambiente e a utilização racional dos recursos naturais disponíveis como parte do objetivo geral do curso de Arquitetura e Urbanismo e aplica à formação dos profissionais. No objetivo específico, o item relacionado à sustentabilidade é:

- Preparar arquitetos e urbanistas com responsabilidade ambiental e comprometidos com o desenvolvimento sustentável, o equilíbrio ecológico, a preservação do meio ambiente natural e construído, garantindo a qualidade de vida dos indivíduos e estabelecimentos humanos;

O Quadro 15 apresenta as ementas e bibliografias das disciplinas listadas, todas as informações foram extraídas do PPC e se relacionam com a sustentabilidade.

QUADRO 15 – ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS IES B.

DISCIPLINA	EMENTA (trecho)
Introdução ao projeto de arquitetura	Análise dos elementos básicos compositivos e ambientais que interagem na organização do espaço arquitetônico.
Conforto ambiental: térmico e luminoso	Arquitetura Bioclimática: projeto de edificações tendo em consideração as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuva, vento) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético.
Estudos ambientais urbanos	Impactos da urbanização e sustentabilidade ambiental urbana.
Introdução ao desenho urbano	Estudo, percepção, análise e interpretação do espaço urbano em suas diferentes escalas de intervenção, considerando sempre a relação homem, cidade e meio ambiente.
Materiais de construção	Novos materiais construtivos.
Projeto de arquitetura edificações de: Pequeno, médio e grande porte	Estudo e aplicação de soluções adequadas ao meio ambiente, considerando-se o conforto ambiental do edifício, a relação entre espaços construídos e não construídos e os sistemas estruturais adotados.
Projeto executivo e detalhamento	compatibilização do projeto arquitetônico e projetos complementares.
Planejamento e projeto da paisagem	Elaboração de projetos paisagísticos, criando, modificando e conservando a paisagem natural/urbana.
Planejamento urbano e regional	Análise e propostas para a organização espacial, com ênfase nos aspectos da sustentabilidade urbana e ambiental.
Projeto integrador: construção do abrigo	Não mudou com relação à abordagem de sustentabilidade
Materiais de construção	Não mudou com relação à abordagem de sustentabilidade
Conforto ambiental	Não mudou com relação à abordagem de sustentabilidade
Educação ambiental	campos estruturantes da área e seus conceitos, abordando os aspectos históricos e o conjunto de ações necessárias a efetivação do campo da educação ambiental.
Intervenções urbanas	do projeto de urbanismo, considerando-se os aspectos legais, ambientais e de acessibilidade.

FONTE: da Autora baseado nos documentos da IES B.

Conforme a abordagem acima, a disciplina Educação Ambiental faz parte do núcleo de fundamentação e as demais disciplinas elencadas fazem parte do núcleo profissionalizante, de acordo com a Resolução nº 1 de 2021.

Ao realizar uma busca acerca das palavras-chave nas ementas das disciplinas discriminadas da IES B e que fazem referência ao estudo dessa tese sobre a sustentabilidade foram encontradas, a saber: sustentabilidade, impactos ambientais, educação ambiental, arquitetura bioclimática, consumo energético, soluções adequadas ao meio ambiente, compatibilização de projeto, sustentabilidade urbana, novos materiais construtivos.

Algumas das disciplinas não contextualizam a sustentabilidade nas ementas, porém, apresentaram bibliografias relacionadas à temática. No total são 19

(dezenove) referências bibliográficas, sendo que 6 (seis) das bibliografias são sobre construções sustentáveis, 1 (uma) sobre sustentabilidade no *design* de interiores, 3 (três) sobre a eficiência energética, 1 (uma) sobre educação ambiental, 2 (duas) sobre urbanismo sustentável, 1 (uma) sobre paisagem ecológica, 1 (uma) sobre reuso de materiais e 1(uma) sobre materiais alternativos.

A interdisciplinaridade na IES B acontece em uma disciplina isolada, Projeto Integrador, onde a responsabilidade de fazer o *link* com as distintas disciplinas é do docente, não havendo integração horizontal e interação com outros docentes.

5.1.3 Trabalho Final de Graduação das IES A e B

As duas IES possuem a mesma metodologia do Componente Curricular TFG (etapa 1) obrigatório, com um manual específico constando todos os itens necessários para as entregas. Constitui a primeira etapa onde o discente desenvolve a pesquisa do trabalho teórico e é avaliado por uma banca. Após a aprovação, a continuidade do TFG (etapa 2), que também é um componente curricular obrigatório, o discente desenvolve o trabalho prático (projeto arquitetônico) a partir da análise dos resultados obtidos no trabalho teórico. Sendo que, o tema do TFG é de livre escolha dos estudantes. Ao final, quando concluídas e avaliadas as etapas desenvolvidas, o trabalho deverá ser apresentado a uma banca examinadora.

5.1.4 Análise de Instituições de Ensino Superior Públicos do Paraná

A pesquisa, para um maior aprofundamento das análises, partiu dos dados abertos de Smaniotto (2020) sobre as ementas e os termos relacionados à sustentabilidade nos cursos de Arquitetura. Assim, é possível compreender os dados relevantes que devem ser elencados nas diretrizes do partido arquitetônico na sua fase inicial com o intuito de se ter projetos mais sustentáveis, ou projetos conscientes dos seus impactos ambientais, a partir das palavras-chaves.

Após a análise de disciplinas das IES A e B e dos dados de Smaniotto (2020), percebeu-se que, para um maior aprofundamento de como a sustentabilidade é inserida nas disciplinas e aplicada em sala de aula, é necessário a compreensão dos planos de ensino e das referências bibliográficas utilizadas.

Dessa forma, foram analisadas as palavras-chaves das ementas e dos planos de ensino de mais 4 Universidades Públicas Brasileiras do Paraná, sendo 3 Federais e 1 Estadual. A escolha se deu a partir da apreciação dos ementários e bibliografias e/ou planos de ensino/disciplina disponibilizados nos sites das IES do Paraná. A fim de compreender como a transdisciplinaridade é abordada entre as disciplinas e de como elas se relacionam dentro da temática de sustentabilidade.

A fonte de pesquisa da IES C se constitui a partir das Disciplinas que compõem o PPC-2013 e que se encontram no site para consulta. A pesquisa da IES D foi realizada a partir das ementas e bibliografias disponibilizadas no PPC do curso e que se encontram no site para consulta.

A fonte de pesquisa da IES E realizada também a partir das ementas, conteúdo programático e bibliografias disponibilizadas no PPC do curso e que se encontram no site para consulta do 1º, 2º e 3º ano; o programa das disciplinas do 4º e 5º ano não estavam disponíveis.

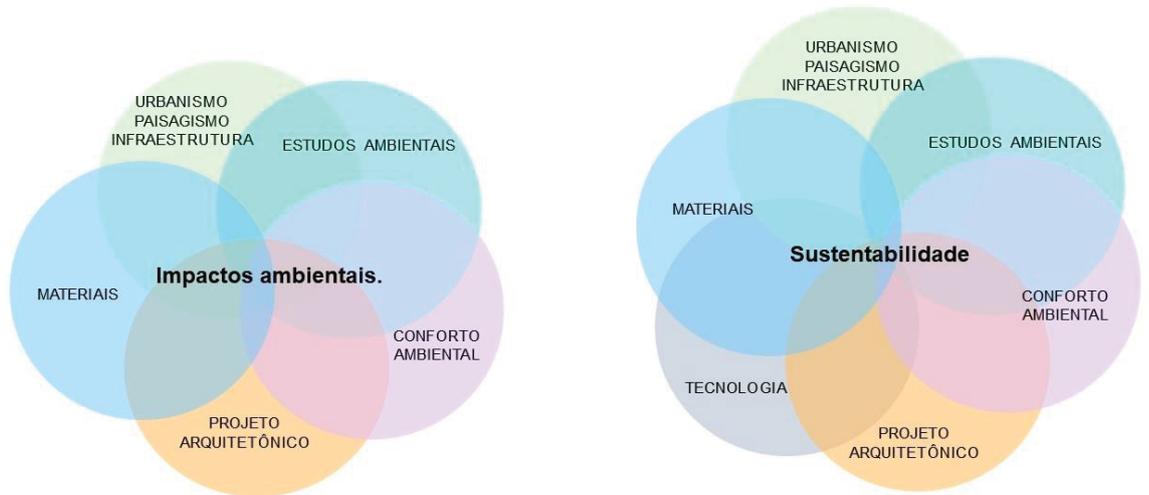
A relação das disciplinas com os termos referentes à sustentabilidade selecionados a partir dos programas, planos ou ementas foram sistematizados para comparação no Quadro 16:

QUADRO 16 – SÍNTESE DAS DISCIPLINAS IES PARANÁ

DISCIPLINAS	PALAVRAS - CHAVE						IES F
	IES A	IES B	IES C	IES D	IES E	IES F	
ESTUDOS / CIÊNCIAS AMBIENTAIS							
CONFORTO AMBIENTAL	Arq. bioclimática; Desempenho; Sustentabilidade; Educação ambiental.	Arq. Bioclimática; Impactos ambientais; Consumo energético;	Eficiência energética; Racionalização da água	Desempenho térmico; Sustentabilidade; Simulação	Desempenho térmico; Sustentabilidade; Baixo consumo energético condicionamento de ar.	Arq. Bioclimática; Desempenho térmico; Sustentabilidade; Eficiência energética	
PROJETO	Eco arquitetura.	Adequação ao meio ambiente	Arq. Bioclimática; Design ecológico; Construções alternativas; Sustentabilidade; Qualidades ambientais; Eficiência energética; Racionalização dos recursos naturais; Racionalização da água	Sustentabilidade; Economia de energia; Energias renováveis; Reaproveitamento de água	Sustentabilidade; Eficiência energética	Compatibilização de projeto; Impacto de grandes edificações	
PAISAGISMO	Sustentabilidade; Eco eficiência; Impactos ambientais;	–			Equilíbrio ambiental; Conservação ambiental; Impacto ambiental;		
URBANISMO	Sustentabilidade; impactos bióticos e atópicos.	Sustentabilidade;	Sustentabilidade; Cidade sustentável; Esgotamento das reservas energéticas Agenda 21	Impactos da urbanização; Impactos socioambientais; Esgotamento de recursos	Desenvolvimento sustentável; Cidades sustentáveis; Impactos ambientais de grandes obras; Impactos antrópicos; Eficiência Energética. Automação Urbana. Cidades inteligentes.	Sustentabilidade;	
INFRA / SANEAMENTO AMBIENTAL	Sustentabilidade; impactos bióticos e atópicos; Impactos ambientais;		Conservação ambiental. Poluição ambiental; Deterioração do meio ambiente.				
CIENCIA DOS MATERIAIS / MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	Questões ambientais na seleção de materiais.	Novos materiais construtivos	Sustentabilidade; Impactos ambientais; Reaproveitamento e recuperação de materiais				
TECNOLOGIA	Racionalização dos materiais e respeito ao meio ambiente. Conservação da energia. Racionalização da água		Construção sustentável. Desempenho térmico. NBR 15220; Eficiência energética pelo RTQ-C. Reuso e reaproveitamento de águas pluviais Fontes alternativas Racionalização		Construções efêmeras. Inovação em sistemas construtivos.	Desempenho e vida útil de projeto	
ESTRUTURAS	Materiais de construção rápida.	–				Compatibilização de projeto	
ADMINISTRAÇÃO OBRA / GESTÃO	Eliminação de desperdícios.	–	O ciclo de vida do projeto.		Compatibilização de projeto Racionalização		

FONTE: da Autora.

FIGURA 24 – IMPACTOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE NAS DISCIPLINAS

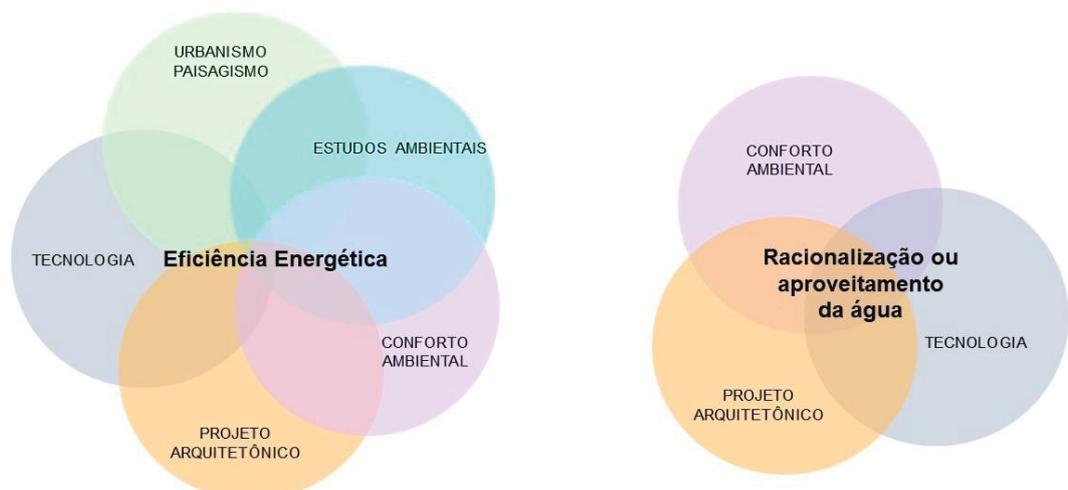


FONTE: da Autora.

A palavra-chave **impactos ambientais** analisada nas 6 (seis) IES apareceu nas seguintes disciplinas: Estudos Ambientais, Projeto Arquitetônico, Conforto Ambiental, Materiais e nas disciplinas relacionadas à cidade (Urbanismo, Paisagismo e Infraestrutura Urbana). Ao relacionar o termo **sustentabilidade**, adicionou-se a disciplina de Tecnologia. Dessa forma, sugere-se que as duas temáticas sejam trabalhadas de maneira transdisciplinar, sendo que em cada disciplina um novo olhar de aplicação.

Na Figura 25, a análise foi realizada a partir das palavras-chaves: Eficiência Energética e Racionalização, reuso ou aproveitamento da água.

FIGURA 25 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E RACIONALIZAÇÃO DA ÁGUA NAS DISCIPLINAS

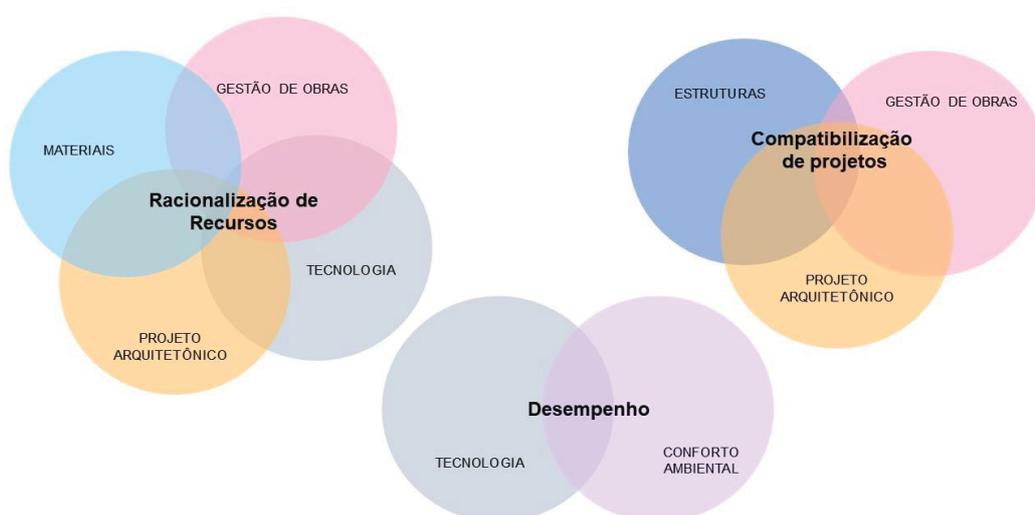


FONTE: da Autora.

A **racionalização** dos recursos naturais como a **energia** e a **água** são abordados nas seguintes disciplinas: Projeto Arquitetônico, Conforto Ambiental e Tecnologia Construtiva. Além dessas disciplinas, na **Eficiência Energética** as disciplinas de Urbanismo e Paisagismo e Estudos Ambientais também consideram essa temática.

Na Figura 26 as palavras-chaves analisadas foram: Racionalização de recursos, Compatibilização de projetos e Desempenho.

FIGURA 26 – RACIONALIZAÇÃO DE RECURSOS, DESEMPENHO E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NAS DISCIPLINAS



FONTE: da Autora.

A **Racionalização de recursos** é abrangente nas disciplinas de: Projeto Arquitetônico, Materiais, Tecnologia e Gestão de obras. O termo **Desempenho** apareceu na disciplina de Tecnologia e de Conforto Ambiental. A **Compatibilização de Projetos** nas disciplinas de: Projeto Arquitetônico, Estruturas e Gestão de Obras.

Nessa vertente, busca-se a concepção da transdisciplinaridade aqui pontuada para que seja efetivamente compreendida e inseridas nas salas de aula em várias disciplinas. A partir do caminho construtivista, a resposta de como incorporar sustentabilidade nos projetos arquitetônicos propicia o papel ativo e autoral dos estudantes. Uma vez que não haja uma receita ou diretrizes estabelecidas e cada estudante terá uma forma de interpretação.

Entretanto, a busca por resolução de problemas ambientais e melhoria da qualidade de vida dos moradores é o ponto de partida e o fio condutor para o planejamento curricular.

Assim, o segundo objetivo específico desta tese, a saber: **critérios de inserção dos conceitos de ACV em disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo**; partiu das análises das diretrizes nacionais necessárias para os cursos de arquitetura e urbanismo brasileiros, dos projetos pedagógicos das 6 (seis) Instituições de Ensino Superior (IES) do Paraná e aprofundou-se, a partir de uma pesquisa-ação, realizadas nas IES A e B.

A inspiração para a adaptação das ementas buscando a sustentabilidade, partiu de Bissoli e Alvarez (2008). Os autores defendem a inserção de conteúdo específico direcionado para a formação de profissionais de arquitetura e urbanismo preparados para o enfrentamento dos desafios propostos para uma “arquitetura e urbanismo sustentáveis”. Isso depende, fundamentalmente, da definição de políticas pedagógicas de direcionamento das ações, sem necessidade de modificações relevantes na grade curricular vigente. Pode ter um bom potencial de aceitação pelos estudantes, posicionamento que ocorreu a partir da pesquisa realizada no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFES.

Na sequência, o Projeto Piloto gerou material didático e favoreceu a definição do *roadmap* de disciplinas e as competências a serem aplicadas de forma experimental.

5.2 MODELAGEM DO PROJETO PILOTO

O *software* escolhido para a realização da primeira simulação de ACV foi o Athena. Posteriormente, a modelagem do projeto padrão da Minha Casa Minha Vida foi modelada no BIM e a ACV foi realizada através de plugins, *Tally* e *OneClick* no Revit. A Figura 27 ilustra o processo utilizado para realizar o teste piloto e a relação das dificuldades encontradas em cada etapa do ciclo de vida no desenvolvimento do trabalho.

FIGURA 27 – PROCESSO DE ACV NO PROJETO PILOTO



FONTE: da Autora.

A equipe foi formada por duas arquitetas e uma engenheira civil. As dificuldades encontradas, ou principais apontamentos para a realização da ACV foram:

- i **Compatibilização de projetos.** O teste piloto foi realizado a partir de um projeto completo, disponibilizado em: Cadernos CAIXA: Projeto-padrão, casas populares. A capacidade de leitura e compreensão do projeto arquitetônico e os projetos complementares foi fundamental no entendimento dos materiais e tecnologias utilizadas.
- ii **Compreensão da tecnologia construtiva.** A partir da leitura dos projetos, elencou-se, detalhadamente, os Materiais especificados de acordo com o caderno da Caixa, Tabela 2. Para isso, foi necessário um conhecimento prévio sobre execução de obras e das tecnologias construtivas.

TABELA 2 - MATERIAIS ESPECIFICADOS DE ACORDO COM O CADERNO DA CAIXA.

Montagem	Caderno Caixa
Fundação	Fundação direta (5 cm de lastro em concreto magro) / bloco de concreto 40 cm/barra \varnothing 8.0mm
	Laje em lastro de concreto 6cm / 20MPa
	Cimento liso*
Parede	Blocos de concreto / barra \varnothing 5.0mm
	Porta em madeira
	Janela de correr em madeira (quarto e sala) / Janela tipo basculante (cozinha e banheiro) / Vidro simples espessura = 3mm
	Revestimento cerâmico* / Pintura a base de cal internamente e externamente
Piso	Laje pré-moldada espessura 8cm
Cobertura	Estrutura em madeira
	Telha cerâmica

FONTE: Witicovski et. al (2017).

- iii **Modelagem do projeto utilizando BIM.** Após a exploração de como realizar uma ACV no Athena, a equipe modelou o projeto no Revit e no ArchiCad. Para isso, foi necessário o domínio dos *softwares* escolhidos. Os erros no projeto ou nível de detalhamento interferem diretamente nos dados extraídos para a ACV.
- iv **Interpretação de resultados da ACV.** A compreensão dos impactos gerados em cada etapa do ciclo foi fundamental para a tomada de decisão possibilitando trocas ou escolhas com menores impactos.

As dificuldades encontradas nesse Projeto Piloto foram a motivação para inserir os conceitos da ACV em algumas disciplinas do curso de arquitetura, fato que possibilitaria aos estudantes uma bagagem mais teórica, a fim de experimentarem, no processo inicial projetual arquitetônico, as possibilidades de estratégias e materiais mais sustentáveis.

Constatou-se também que, as dificuldades ou problema no Projeto Piloto, estimulam o arquiteto e urbanista ao entendimento sobre as etapas da análise do ciclo

de vida; a tomada de decisão na fase inicial; processo de ACV de um projeto padrão residencial do projeto piloto às variáveis encontradas nas disciplinas do curso de arquitetura e urbanismo. Cada uma das dificuldades encontradas, apresentadas na Figura 28, foi relacionada aos temas abordados em disciplinas no curso de Arquitetura e Urbanismo.

FIGURA 28 – RELAÇÃO DO PROJETO PILOTO COM AS DISCIPLINAS DE AU



FONTE: da Autora.

Assim, a abordagem da ACV durante a graduação, mesmo que de forma parcial ou fracionada em disciplinas isoladas, possibilitaria um processo de concepção do projeto arquitetônico com menores impactos ou um projeto consciente, que assume os impactos gerados pelas escolhas durante processo criativo.

Essa transversalidade da ACV seriadas nas disciplinas do curso de arquitetura e urbanismo se deve às práticas adotadas pelo mercado de trabalho da construção civil voltados à sustentabilidade. Dessa forma, as soluções alcançadas são mínimas, sabendo-se que haveria melhores possibilidade de redução de impactos ou desempenho termo-energético, por exemplo.

5.2.1 Estratégia de inserção do Projeto Piloto no curso de Arquitetura

A proposta aponta para a inserção de forma transversal, relacionados ao conceito da transdisciplinaridade e da ACV de acordo com o relatado na revisão da literatura.

Para que a edificação, no seu processo de projeto, tenha se incorporado à sustentabilidade, o conceito arquitetônico deve ser pensado com soluções formais e plásticas que prezam pelo ciclo completo da ACV, de acordo com a Figura 29.

FIGURA 29 – TRANSVERSALIDADE DE INSERÇÃO DA ACV EM DISCIPLINAS DE AU



FONTE: da Autora.

De maneiras isoladas, os componentes curriculares, ao se unirem, possibilitam essa abordagem holística e aplicada na fase inicial projetual e de anteprojeto experimentado no Trabalho de Conclusão de Curso. Assim seria possível explorar o conceito de sustentabilidade como partido arquitetônico na volumetria e na fase de estudo do projeto arquitetônico.

A partir da EN 15804 serão apresentadas as possibilidades de aplicações dos Estágios do ciclo de vida de edificações em disciplinas isoladas do Curso de Arquitetura e Urbanismo.

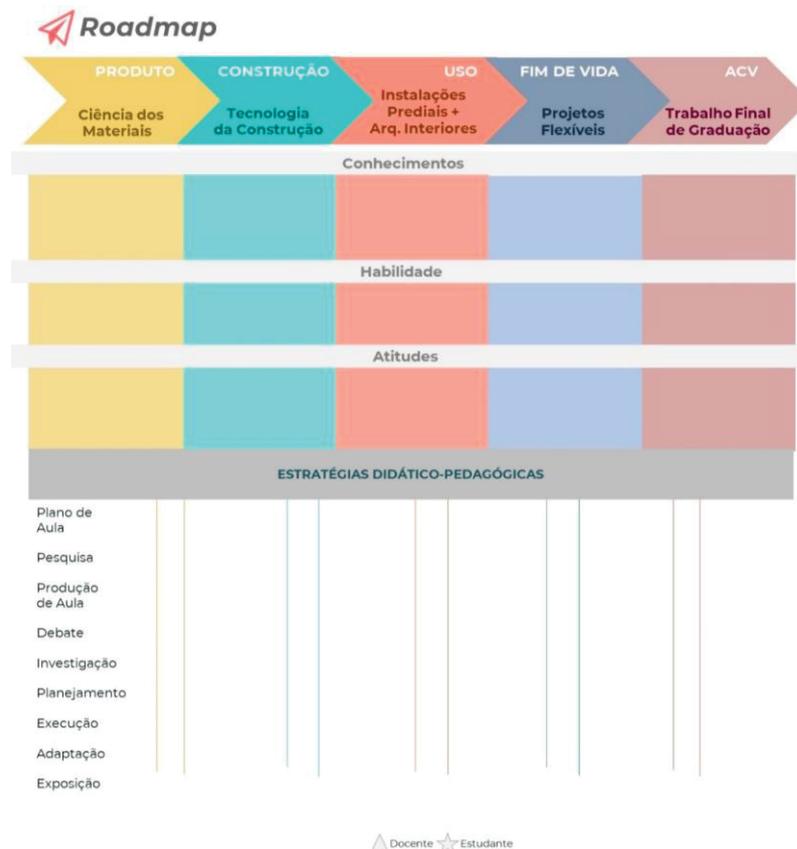
Para isso, faz-se necessário permitir ao estudante a liberdade de expressão para transmitir a ideia do projeto, sendo que as representações podem incorporar som, movimentos, vídeos, fotografias, maquetes, tanto analógicos como através das possibilidades do modelo virtual. No capítulo seguinte será apresentado o detalhamento do conteúdo ministrado e sua organização por disciplina.

6 PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Neste capítulo serão expostos os detalhes do conteúdo ministrado e de sua organização por disciplina. Isso foi possível a partir do entendimento das fases do Ciclo de Vida da Edificação, fase pré-operacional, operacional e pós operacional. De acordo com Tavares (2006), em todas as atividades envolvidas, o fluxo dos materiais e energia devem ser quantificados e convertidos em indicadores de impacto ambiental.

O *roadmap*, apresentado na Figura 30, sugere à modelagem por competências apresenta como cada fase da ACV poderá ser abordada em disciplinas isoladas.

FIGURA 30 – ROADMAP DA RELAÇÃO ENTRE AS ESTRATÉGIAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS DAS DISCIPLINAS E A ACV.



FONTE: da Autora.

O *roadmap* se configura como um plano e não uma convenção, com regras rígidas a se cumprir. Agindo como bússola do planejamento da transdisciplinaridade para definir as sequências rumo à construção integral da ACV.

A aplicabilidade da sustentabilidade com conceitos de ACV nas disciplinas de arquitetura será relacionada às estratégias didático-pedagógicas para o alcance das competências pelo estudante e pelo acompanhamento do professor.

A definição faz parte do início de uma realização de ACV e deve conter: objetivo, escopo, unidade funcional, limites do sistema e qualidade dos dados. O objetivo deve conter intenções de análise, e para quem é a pesquisa.

Nas estratégias didático-pedagógicas serão elencados quais os itens o docente se responsabilizará em desenvolver e como o estudante será participante do processo, capacitando-o para adquirir o conhecimento, aprimorar ou aprender as habilidades e ter um posicionamento como arquiteto(a) que promove a sustentabilidade ambiental e social a partir das suas atitudes enquanto profissional no mercado de trabalho.

A fim de verificar se os objetivos foram atingidos por todos os envolvidos, com vista a alcance do aprendizado, tomou-se como partido para definição de elementos temáticos para o plano de ensino das disciplinas.

O conteúdo existente foi adaptado e aproximando ao conhecimento de indicadores de impacto ambiental com o intuito da aplicação dessas estratégias para projetos mais sustentáveis. A seguir, será detalhada a aplicação no conjunto das disciplinas propostas.

6.1 ESTRATÉGIA PARA PROJETO MAIS SUSTENTÁVEIS

Nesse item será apresentada a aplicação dos conceitos de ACV inseridos nas ementas das disciplinas lecionadas no período de 2019 até 2021, nas IES A e B.

A distribuição do conteúdo estruturado e proposto para desenvolver as competências nos estudantes e que vão avaliar a compreensão destes sobre projetos mais sustentáveis seguem as fases de uma ACV.

A fase pré-operacional será relacionada à disciplina Ciência dos Materiais que aborda o estágio de produto de acordo com a Norma Europeia EN15804. A disciplina Tecnologia da Construção, também pertencente à fase pré-operacional em algum dos bimestres e, se relaciona ao estágio de construção. A fase operacional será abordada

na disciplina de Instalações Prediais, integrado à disciplina de Arquitetura de Interiores de maneira horizontal e verticalmente com o Projeto Arquitetônico, ou seja, os estudantes estão cursando em conjunto.

A fase pós-operacional, relacionada ao estágio Além do Ciclo de Vida, possui uma abordagem do berço ao berço. Para isso, propõe-se um projeto arquitetônico para montagem e desmontagem desenvolvido na disciplina de Tecnologia da Construção III como continuação do estágio de construção, a mesma disciplina que considerou a fase pré-operacional.

Para fechar o ciclo, passando por todas as etapas da ACV, serão apresentados dois trabalhos de TFG com conceitos sustentáveis incorporados ao projeto arquitetônico, um da IES A e outro da B.

As disciplinas serão apresentadas de acordo com a sequência: fase pré-operacional, operacional e pós-operacional. Mas, é importante frisar que elas não foram ministradas cronologicamente de acordo com a ACV.

6.2 DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE PRODUTO

As questões ambientais relacionadas aos materiais construtivos serão inseridas na disciplina Ciência e Tecnologia dos Materiais para o Curso de Arquitetura e Urbanismo em busca de projetos mais sustentáveis.

6.2.1 Experiência da disciplina de Ciências e Tecnologia dos Materiais

A exploração do conhecimento sobre o estágio de produto, materiais utilizados na construção civil, inspirados na EN 15804, Figura 31, foi realizada com uma turma de primeiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo no ano 2021, na IES A, durante a pandemia de COVID-19.

FIGURA 31 – ESTÁGIO DE PRODUTO, ETAPA PRÉ-OPERACIONAL



FONTE: da Autora.

Baseando-se na etapa pré-operacional, o conteúdo teórico ministrado em sala de aula, relaciona-se aos impactos ambientais dos materiais de construção, desde a sua extração, sua fabricação e uso durante a construção, incluindo as entradas de água, eletricidade e combustível e as saídas que geram impactos ambientais.

A disciplina foi realizada de forma híbrida, isto é, com algumas aulas remotas via *google meet* síncrona (ao vivo) e *google classroom* assíncrona (gravadas) e, em alguns momentos, de acordo com os decretos municipais, com algumas aulas realizadas presencialmente.

Assim, os materiais complementares, aulas gravadas e descrição das atividades foram disponibilizados aos estudantes no *google classroom*. O conteúdo teórico foi desenvolvido de maneira síncrona e as atividades desenvolvidas pelos estudantes de maneira presencial.

6.2.2 Planejamento da disciplina

A partir dos conceitos de sustentabilidade apresentados no PPC e das diretrizes do plano de curso da IES A, o tópico aprofundado foi: seleção e especificação dos materiais; considerações econômicas e ambientais. Esses tópicos podem observados na Figura 32 destacados na ementa.

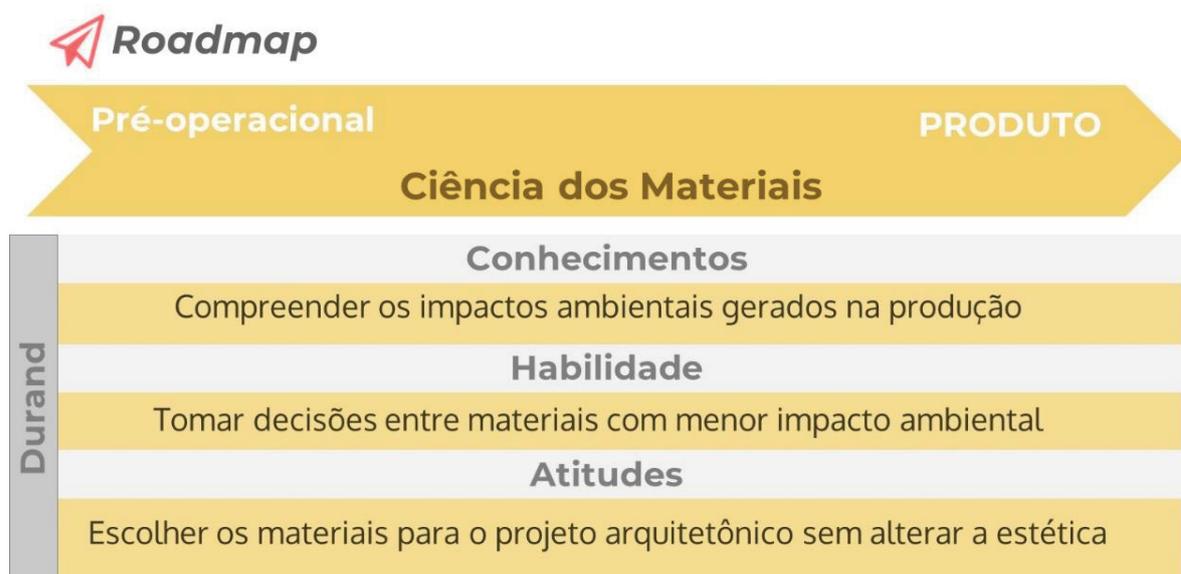
FIGURA 32 – PLANO DE DISCIPLINA PRODUTO IES A.

Ano Letivo	
2021	
1 – Identificação	
1.1. Curso: Arquitetura e Urbanismo	
1.2. Disciplina: Ciência e Tecnologia dos Materiais	
1.3. Série/Módulo: 1ª série	
1.4. Código: 03-11333	
1.5. Carga Horária: <input type="text" value="40"/> Prática <input type="text" value="40"/> Teórica <input type="text" value="80"/> Carga Horária Total	
1.6. Regime: <input type="checkbox"/> Modulado <input type="checkbox"/> Semestral <input checked="" type="checkbox"/> Anual	
2. Ementa (destacar os pontos essenciais do objeto de conhecimento a ser apresentado ao longo da disciplina)	
Introdução à ciência e engenharia dos materiais. Classificação dos materiais. Estrutura cristalina e imperfeições. Propriedades mecânicas dos materiais. Falhas: fratura frágil e dúctil. Propriedades dos materiais: elétricas, térmicas, magnéticas e ópticas. Seleção e especificação dos materiais. Considerações econômicas e ambientais.	
3. Objetivo Geral do Curso	
Ao término da unidade curricular os alunos deverão estar aptos a conhecer a composição, estrutura e características dos principais tipos de materiais empregados nas diversas atividades de engenharia. Dessa forma deverão ser desenvolvidas habilidades, conforme a diretriz do curso, a portaria do ENADE e o Projeto Pedagógico do Curso de graduação, sendo elas: Aplicar conhecimentos científicos e instrumentais à Engenharia.	

FONTE: IES A (2021).

A disciplina foi planejada com a aplicação de conceitos da ACV na etapa pré-operacional e foi desenvolvida a partir das seguintes competências, apresentadas na Figura 33, de acordo com Durand (1999):

FIGURA 33 – COMPETÊNCIAS PRODUTO



FONTE: da Autora.

- i. **Conhecimento:** o estudante saberá a classificação dos materiais: cerâmicas; metais; polímeros; compósitos; materiais avançados e modernos, além de compreender os impactos ambientais gerados na produção dos materiais construtivos.
- ii. **Habilidades:** o estudante será capaz de avaliar, aplicar e tomar decisões ao escolher materiais construtivos nos projetos arquitetônicos com menores impactos ambientais.
- iii. **Atitude:** o estudante refletirá, individualmente, a partir de comparações de materiais construtivos disponíveis no mercado, os que possuem maiores ou menores impactos ambientais. Sabendo responder o seguinte questionamento: **Como escolher a solução tecnológica e os materiais construtivos para o projeto arquitetônico sem alterar a estética da volumetria?**

Depois da definição dos conhecimentos esperados que os estudantes podem adquirir, planejou-se a abordagem das temáticas com aplicações de ACV.

6.2.3 Planejamento da aula

O planejamento da aplicação do conteúdo seguiu alguns passos apresentados na Figura 34:



FONTE: da Autora.

- Plano de Aula:** o docente, a partir da ementa, do tópico ou tema de aula, planeja as diretrizes e estratégias para a aplicação do conhecimento da ACV na fase pré-operacional, o estágio de produto de acordo com a EN15804. É importante estabelecer o diálogo com o plano de curso e com a coordenação.
- Pesquisa:** o professor reúne todos os materiais relevantes para o plano de aula e produção do material teórico e da aula expositiva. Verificação de bibliografia para apoiar o conhecimento teórico disponível aos estudantes.
- Produção da Aula:** após reunir todo o material teórico, como livros físicos e digitais, revistas, artigos e sites de fabricantes de materiais de construção, apresentar aos estudantes a teoria relacionada com uma aula expositiva para exploração de conceitos: o que é, como funciona e onde se aplica.
- Estudo de Caso:** apresentar aos estudantes casos reais de aplicação de materiais de construção com menores impactos ambientais. Explorando tecnologias construtivas alternativas.
- Investigação:** após o conhecimento teórico, apresentar ao estudante a proposta de atividade que será: a investigação do processo de fabricação de

um material construtivo a escolher e uma outra opção, com menor impacto ambiental como substituição. O conteúdo será avaliado através de seminário.

A exploração teórica da sustentabilidade nos materiais construtivos foi apresentada aos estudantes com o apoio de slides em aula remota assíncrona. Aplicou-se a sustentabilidade em tecnologias construtivas para edifícios e nos produtos relacionando ao *design* de mobiliários.

Dessa forma, o estudo dos materiais permitiu uma relação vertical de disciplina, uma vez que os conteúdos relacionados aos impactos ambientais gerados pelos materiais, tanto na fase construtiva relacionado à estrutura, quanto nos acabamentos e nos mobiliários relacionado à arquitetura de interiores, o que proporcionou uma relação de conhecimentos em diferentes disciplinas e nos anos subsequentes.

A partir da pesquisa dos materiais construtivos, o estudante é colocado em um desafio: escolher um material, explicar a composição do material, o processo de fabricação, a sua aplicação nos projetos arquitetônicos, além disso, apresentar uma opção similar que possua menores impactos ambientais, apresentando os pontos positivos e negativos de aplicação.

6.2.4 Planejamento da atividade

A atividade que o estudante desenvolveu nesta disciplina baseou-se na competência instrumental, conforme explica Cebrián et al. (2007). Assim, o estudante deve desenvolver, no trabalho individual de acordo com a Figura 35:

FIGURA 35 – ATIVIDADE PRODUTO



FONTE: da Autora.

1. **Capacidade de análise e síntese:** compreender a classificação dos materiais e a sua aplicabilidade na construção civil.
2. **Habilidades básicas de manejo do computador:** pesquisar na biblioteca digital e em sites de fabricantes de materiais de construção o material escolhido e produzir um seminário. Utilizar *softwares* para produção de slides – *powerpoint*, e ferramentas online como *canvas* e/ou *google slides*.
3. **Habilidade de gerenciamento da informação:** selecionar informações necessárias e relevantes sobre o processo de fabricação e os impactos ambientais.
4. **Resolução de problemas e tomada de decisão:** capacidade de decisão projetual, na sua fase preliminar, sobre a tecnologia construtiva com menores impactos ambientais.

Alguns exemplos de propostas trazidas pelos estudantes foram:

- Argamassa tradicional e como opção mais sustentável propôs-se a substituição da cal hidratada pela argila. A argila apresenta baixo valor comercial agregado e vantagens ecológicas quando comparado a cal hidratada.
- Piso vinílico em comparação com o piso linóleo que é feito com materiais renováveis e é 100% biodegradável.
- Plástico e o bioplásticos.

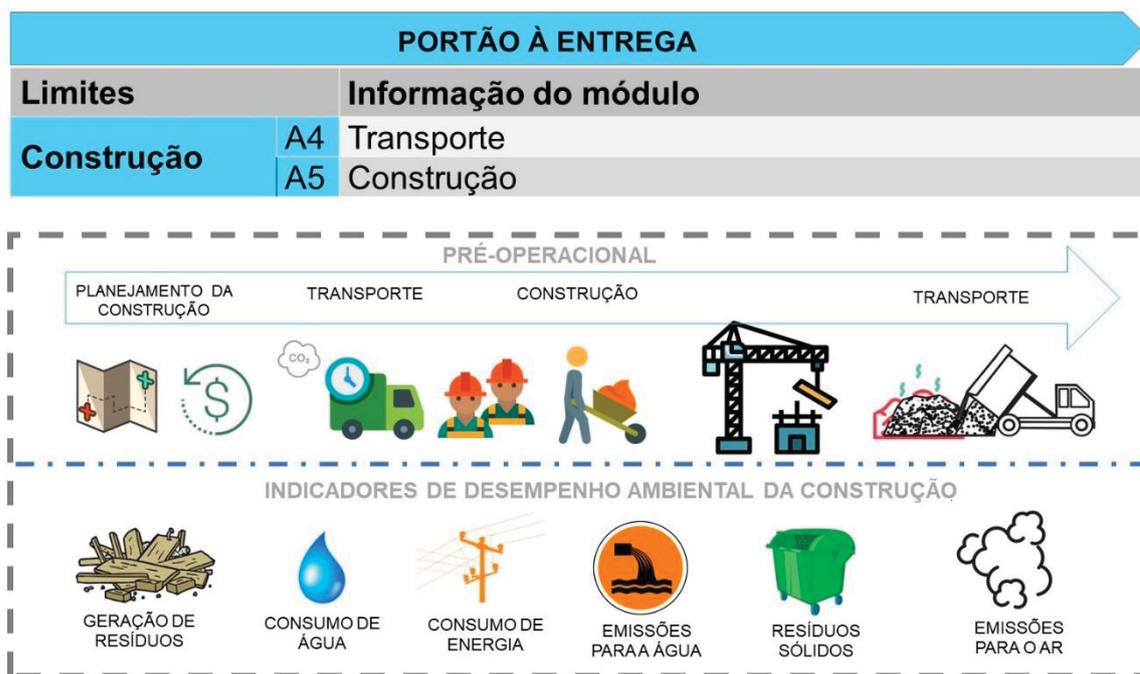
6.3 DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE CONSTRUÇÃO

Diante das experiências relatadas pelos autores Medeiros (2014); Costa Lima (2012); Rocha (2012) e Moreira e Santos (2019), a aproximação com as tecnologias construtivas e o processo projetual se deram através de uma experimentação a partir de uma maquete física simulando um canteiro de obras.

6.3.1 Experiência da disciplina de Tecnologia da Construção III

Em 2019, na IES A, a disciplina de Tecnologia da Construção III foi desenvolvida com estudantes do terceiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo, aplicada presencialmente. A disciplina foi designada como estágio de construção a partir da inspiração da EN 15804, Figura 36:

FIGURA 36 – ESTÁGIO DE CONSTRUÇÃO, ETAPA PRÉ-OPERACIONAL



FONTE: da Autora.

Esta etapa relaciona-se ao planejamento de projetos e de construção, à construção e ao canteiro de obras e a finalização da obra até a sua entrega. Os materiais complementares, aulas gravadas e descrição das atividades foram

disponibilizados aos estudantes no *google classroom*. A postagem das atividades realizadas pelos estudantes foi através desta mesma plataforma.

As aulas foram intercaladas entre sala de aula, laboratório de informática e maquetaria.

6.3.2 Planejamento da disciplina

A partir dos conceitos de sustentabilidade apresentados no PPC e das diretrizes do plano de curso, o intuito de conscientização do estudante sobre a relação dos materiais construtivos, visto no primeiro ano na disciplina de Ciência e Tecnologia dos Materiais, sobre o processo projetual e execução colaborativa e sobre a importância da ACV na construção civil, o tópico aprofundado foi: organizar e implementar canteiro de obras. Esse tópico pode ser observado na Figura 37 destacados na ementa.

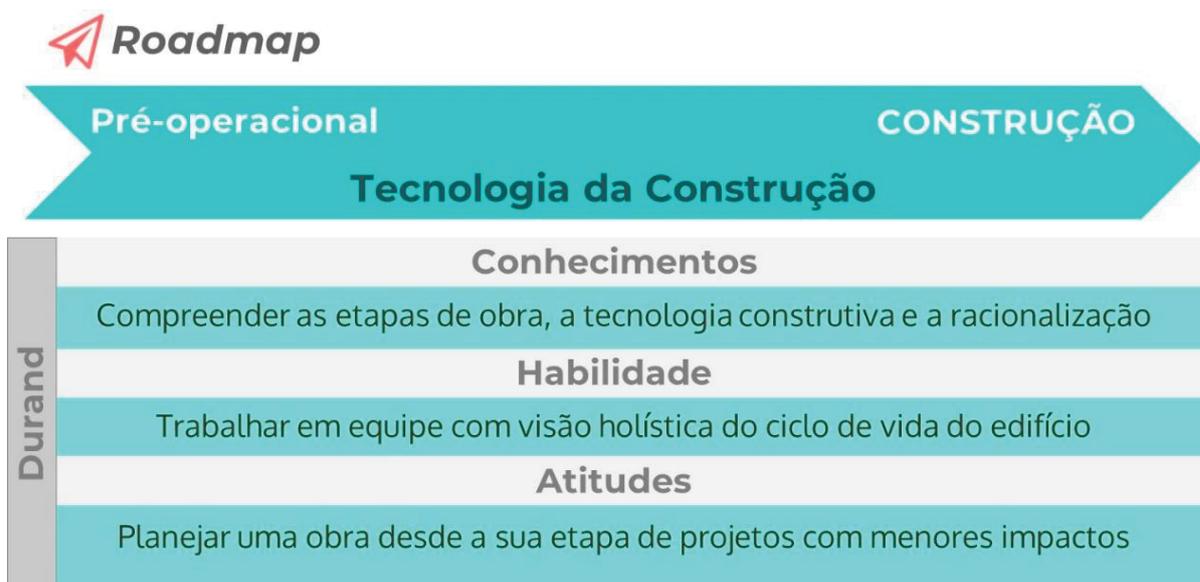
FIGURA 37 – PLANO DE DISCIPLINA CONSTRUÇÃO IES A.

PLANO DE ENSINO DE DISCIPLINA PRESENCIAL	
Ano Letivo	
2017	
1 – Identificação	
1.3. Curso: Arquitetura e Urbanismo	
1.4. Disciplina: Tecnologia da Construção III	
1.5. Série/Período: 4ª Série / Noturno	
1.6. Código: 00-8366-02	
1.7. Carga Horária:	
<input type="text" value="0"/>	Prática <input type="text" value="80"/>
<input type="text" value="80"/>	Teórica <input type="text" value="80"/>
Carga Horária Total	
1.8. Regime:	
<input type="text"/>	Modulado <input type="text"/>
<input type="text"/>	Semestral <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Anual
2. Ementa	
Características mecânicas e hidráulicas dos solos (resistência, compressibilidade e permeabilidade), diante das ações naturais e humanas sobre o ambiente construído, em consideração às cargas e tipologias construtivas. Pré-dimensionamento de fundações. Organização do canteiro de obras.	
3. Objetivos da Disciplina	
Compreender as propriedades mecânicas dos solos em consideração aos tipos de sondagens e ensaios. Conhecer os tipos de fundações (direta e indireta), aplicar métodos de cálculo, procedimentos técnicos e de execução; identificar patologias relativas às fundações; Organizar e implementar canteiros de obras.	

FONTE: IES A (2017).

O desenvolvimento em sala de aula dessa disciplina, com aplicação de conceitos da ACV na compreensão da tecnologia construtiva e dos produtos necessários para a execução do projeto em canteiro de obras, foi desenvolvido a partir das seguintes competências, apresentadas na Figura 38, de acordo com Durand (1999):

FIGURA 38 – COMPETÊNCIAS CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora.

- i. **Conhecimento:** o estudante saberá a importância das etapas de obra de acordo com a tecnologia construtiva escolhida. Na etapa de execução, será possível compreender que a racionalização construtiva também faz parte dos critérios de sustentabilidade.
- ii. **Habilidades:** o estudante será capaz de trabalhar em equipe e compreender, a partir de uma visão holística, todo o ciclo de vida do edifício mesmo executando apenas uma parte.
- iii. **Atitude:** o estudante refletirá em equipe, a partir de comparações de tecnologias construtivas disponíveis no mercado, acerca de a racionalização construtiva necessitar de um planejamento de projetos e materiais, e que envolve tempo e custo. O estudante ao final consegue responder o seguinte questionamento: **como uma obra planejada desde a sua etapa de projetos é capaz de diminuir os impactos ambientais?**

Depois da definição dos conhecimentos esperados que os estudantes podem adquirir, planejou-se a abordagem das temáticas com aplicações de ACV, com enfoque na gestão de projetos, planejamento de obras e execução.

6.3.3 Planejamento da aula

A materialidade, a tectônica e sistemas construtivos no processo projetual permitem a compreensão das etapas construtivas contribuindo para que o estudante compreenda posteriormente e de maneira isolada os impactos ambientais de cada material. A Figura 39, apresenta o percurso de aplicação da disciplina:

FIGURA 39 – PLANEJAMENTO CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora.

Os itens em amarelo são os mesmos passos executados no estágio de produto. Os itens em azul foram planejados para esta disciplina.

- Plano de Aula:** o docente, a partir da ementa, do tópico ou tema de aula, planeja as diretrizes e estratégias para a aplicação do conhecimento da ACV

na fase pré-operacional, o estágio de construção de acordo com a EN 15804. É importante o diálogo com o plano de curso e com a coordenação.

- b) **Pesquisa:** o professor reúne todos os materiais relevantes para o plano de aula e produção do material teórico e da aula expositiva. Verificação de bibliografia para apoiar o conhecimento teórico disponível ao estudante para consulta.
- c) **Produção da Aula:** após reunir todo o material teórico, como livros físicos e digitais, revistas, artigos e sites de fabricantes de materiais de construção, apresentar aos estudantes a teoria relacionada com uma aula expositiva para exploração de conceitos: o que é, como funciona e onde se aplica.
- d) **Debate:** a turma escolheu a tecnologia construtiva para a realização da maquete física em uma reunião. A escolha se deu a partir das experiências adquiridas nos anos anteriores, na disciplina de Tecnologia Construtiva I e II. As equipes e a quantidade de pessoas foram denominadas de acordo com o tempo de execução e da complexidade das etapas de obra.
- e) **Investigação:** após o conhecimento teórico, o estudante investigou a etapa de obra da sua equipe, a pesquisa foi realizada no laboratório de informática com supervisão da docente. As entregas na plataforma digital foram: trabalho escrito e exposição de conteúdo através de seminário.
- f) **Planejamento da Maquete:** a equipe de planejamento organizou o cronograma das atividades e o custo envolvido para compra de materiais para a realização da maquete física. Elencaram as datas de início e término de cada equipe e quais as atividades poderiam ser realizadas ao mesmo tempo.
- g) **Execução:** alguns imprevistos surgiram durante a execução e precisaram ser retroalimentados. Trincas em 45° graus apareceram no vazio da escada, ocasionadas por erros no cálculo estrutural. O quantitativo de materiais não foi suficiente, sendo necessário uma nova arrecadação financeira.
- h) **Adaptação:** com os imprevistos de obra, um novo cronograma foi proposto para não ter um atraso na entrega final e como estratégia para reverter a patologia, uma grelha metálica foi utilizada para a correção.
- i) **Exposição:** a turma conseguiu finalizar a maquete e expor no evento, semana de arquitetura, realizado pela IES A.

Como abordagem teórica de conteúdo os seguintes temas, realizados através de aula teórica com apoio de *Datashow* presencialmente, foram: A importância da compatibilização de projetos; Vídeos de canteiros de obras (Parque da Cidade – São Paulo). Análise dos equipamentos de segurança com o vídeo (Napo no canteiro de obras). Norma NR 18. Exercício de PCMAT e riscos com as atividades realizadas no canteiro de obras.

A abordagem, de forma teórica, da temática de Gerenciamento de projetos e obra, bem como as suas respectivas etapas de obra e atribuições de tarefas tinham como objetivo apresentar a proposta de trabalho aos estudantes que seria a confecção de uma maquete de canteiro de obras, uma maquete única para toda a sala.

Ao final de cada aula, como fixação dos conceitos chaves, um mapa mental foi elaborado no quadro branco com a ajuda dos estudantes. Como complemento de conteúdos e atividade relacionada, os estudantes poderiam escolher artigos dentro da temática com a produção de mapas mentais, como exemplo a Figura 40.

FIGURA 40 – MAPA MENTAL CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora com estudantes (2019).

A disciplina Administração de Obras é um componente curricular do quinto ano na IES A, dessa forma, há uma relação vertical de disciplinas. Os materiais de aula e de apoio foram disponibilizados no *google classroom*.

Como conteúdo relacionado aos canteiros de obras, a aula teórica apresentou o projeto de *layout* para canteiro de obras. Enfatizando as distintas etapas, os diferentes materiais e ferramentas necessárias para execução e a importância de reuniões entre todos os envolvidos para tomada de decisões. Uma pesquisa inicial teórica foi realizada no laboratório de informática, onde cada estudante pesquisou sobre cada uma das etapas necessárias para a tecnologia construtiva escolhida.

6.3.4 Planejamento da atividade

Nesta aplicação de disciplina, utilizaremos a competência instrumental, de acordo com Cebrián et al. (2007). Assim embasado, o estudante deve desenvolver na proposta de trabalho colaborativo em equipe, conforme a Figura 41:

FIGURA 41 – ATIVIDADE CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora.

1. **A capacidade de análise e síntese:** compreender a tecnologia construtiva e os materiais necessários para a sua execução. Compreender a importância das equipes especializadas em um processo.
2. **Habilidades básicas de manejo do computador:** pesquisar na biblioteca digital e em sites de fabricantes os materiais e equipamentos necessários, o armazenamento, as etapas antecessoras e sucessoras para a execução da sua etapa (relativa à equipe de trabalho) no canteiro de obras. Depois disso, eles produzem um seminário. Utilizar *softwares* para produção de slides – *Powerpoint*, e ferramentas *online* como *Canvas* e/ou *Google Slides*.
3. **Habilidade de gerenciamento da informação:** selecionar informações necessárias e relevantes sobre a compreensão da tecnologia construtiva. Organizar as equipes de acordo com o planejamento da obra.
4. **Habilidade manuais:** selecionar materiais que simulam os materiais reais para confecção da maquete em escala reduzida.
5. **Resolução de problemas e tomada de decisão:** capacidade de decisão projetual e tecnologia construtiva em reuniões de projeto e execução em uma turma com aproximadamente 50 estudantes.

A tecnologia construtiva foi determinada e escolhida em reunião pelos estudantes, onde as equipes também foram elencadas e distribuídas. Tal fato foi possível pois, na disciplina de Tecnologia da Construção I, os estudantes tinham conhecimento sobre o estudo das propriedades e das tecnologias que envolvem os materiais construtivos e os condicionantes de aplicação dos materiais em consideração à vida útil do edifício, respeitando o meio ambiente.

Assim, a primeira etapa do trabalho desenvolvido pelas equipes seguiu o seguinte roteiro da Figura 42:

FIGURA 42 – ROTEIRO ATIVIDADE CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora.

- 1º Pesquisa teórica** sobre a tecnologia construtiva escolhida e a compreensão de como as etapas de execução acontecem, a atividade foi realizada no laboratório de informática com divisão das equipes.
- ⇒ Os primeiros grupos definidos foram: equipe de escritório e equipe de execução. A equipe do escritório foi dividida em 2 subgrupos: projeto e planejamento.
 - ⇒ O Grupo 1 desenvolveu o projeto arquitetônico e os cálculos estruturais, com auxílio do professor de estruturas e apresentou à turma o produto para aprovação.
 - ⇒ O Grupo 2 formou a equipe de gerenciamento que supervisionava o andamento dos projetos e após aprovação dos projetos, foi elaborado o cronograma da obra e custos envolvidos para a confecção da maquete.
 - ⇒ As equipes de execução do canteiro foram divididas em: Grupo 3 - equipe de segurança do trabalho, Grupo 4 - execução de formas de madeira, Grupo 5 - armação e estrutura metálica e Grupo 6 - concretagem.
- 2º Visita a um canteiro de obras** e registro fotográfico. Cada equipe visitou um canteiro de obras e registrou com fotografias a execução correspondente a sua etapa no desenvolvimento da maquete.
- 3º Seminário etapa 1.** O grupo de projetos fez uma visita a um escritório e relatou o processo de projeto compatibilizado (arquitetura + estrutura + formas + canteiros). A equipe de gerenciamento apresentou um cronograma e o custo de execução para aprovação da turma através de um seminário.
- 4º Maquete** simulando a execução de um canteiro, as equipes divididas em: execução de formas de madeira, armação e estrutura metálica e a equipe de concretagem se organizaram para a realização das etapas de acordo com o planejamento e, verificaram quais as etapas poderiam ser adiantas ou realizadas em paralelo. A atividade foi desenvolvida na maquetaria.

A Figura 43 apresenta etapas de desenvolvimento da maquete.

FIGURA 43 – MAQUETE DE CONSTRUÇÃO



FONTE: da Autora com estudantes (2019).

5º Seminário final. As equipes apresentaram o desenvolvimento da atividade prática fazendo referência como as atividades acontecem em um canteiro real, a Figura 44 mostra como a equipe de madeira apresentou para a turma.

FIGURA 44 – SEMINÁRIO FINAL CONTRUÇÃO



FONTE: da Autora com estudantes (2019).

6º Exposição da maquete na semana de arquitetura. O resultado da proposta de atividade prática foi relacionado à tecnologia construtiva, a percepção dos impactos ambientais associados à etapa de

execução e os seus materiais. A maquete, Figura 45, desenvolvida relacionou os aspectos construtivos com aprendizado mútuo com equipes especializadas.

FIGURA 45 – EXPOSIÇÃO DA MAQUETE



FONTE: da Autora (2019).

A partir do desenvolvimento coletivo e da participação desde a etapa inicial projetual, os estudantes compreendem sobre o envoltório. Essas diretrizes são importantes para a qualidade ambiental dos usuários e para a eficiência energética. As decisões iniciais, com a sustentabilidade inserida na fase preliminar, permitem ajustes necessários sem alterar a estrutura formal plástica do projeto arquitetônico.

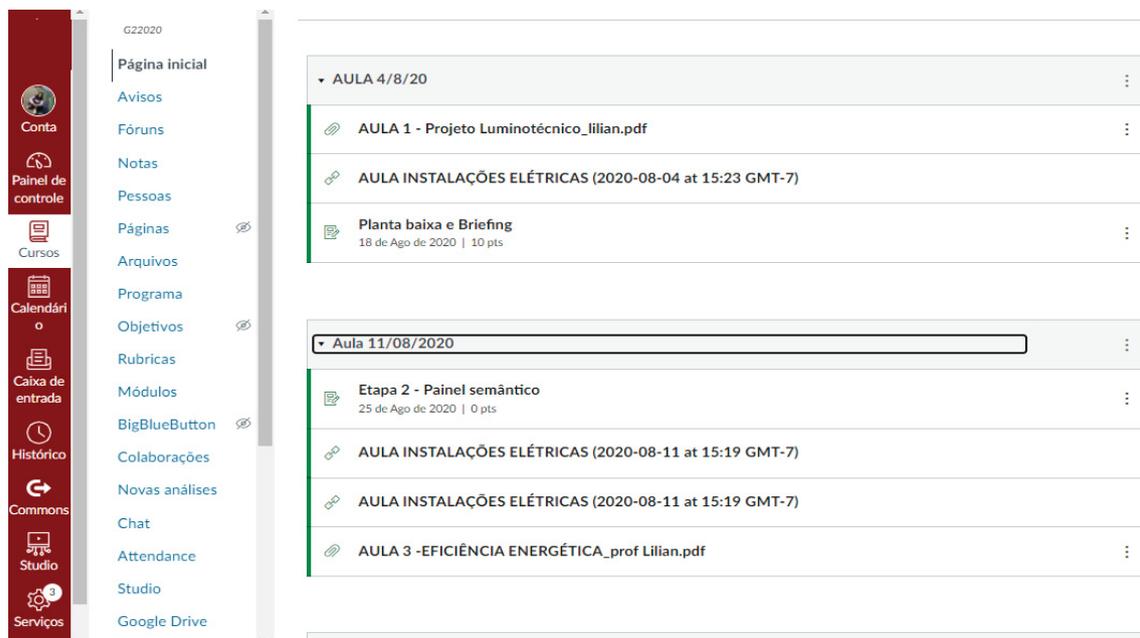
6.4 DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO DE USO

Visando a redução do impacto ambiental e o uso eficiente da água, a Casa Eficiente, desenvolvida em colaboração com o LabEEE, da Universidade Federal de Santa Catarina, reúne diversas estratégias de adequação climática, com o aproveitamento da ventilação e da luz natural. A partir das inspirações da Casa Eficiente, esta concepção do projeto das instalações prediais considerou, além dos objetivos de sustentabilidade, a necessidade de flexibilidade de operação e de manutenção.

6.4.1 Experiência da disciplina de Instalações Prediais

A experiência com a disciplina de instalações prediais foi realizada com a turma do 7º período de Arquitetura e Urbanismo da IES B, durante a pandemia da COVID 19, no ano de 2020. As aulas foram síncronas através do *Google Meet*, 100% remoto. O material complementar, atividades e aulas gravadas foram disponibilizados no ambiente virtual CANVAS, Figura 46.

FIGURA 46 – AMBIENTE VIRTUAL IES B



FONTE: Canvas (2020).

A proposta de trabalho individual se desenvolveu com o intuito de aproximar o processo projetual de arquitetura com os conceitos de eficiência energética relacionados ao estágio de uso de acordo com as inspirações da EN 15804, Figura 47:

FIGURA 47 – ESTÁGIO DE USO, ETAPA OPERACIONAL.



FONTE: da Autora.

Dessa forma, a proposta se relacionou a disciplina de forma horizontal, ou seja, em paralelo com a disciplina de Arquitetura de Interiores e, verticalmente, com a disciplina de Projeto Arquitetônico desenvolvido no período anterior.

6.4.2 Planejamento da disciplina

A abordagem sobre a temática nesta disciplina se inspirou na Casa Eficiente ao relacionar o Projeto de Instalações com o Projeto Arquitetônico. No entanto, como podemos observar no plano de ensino da Figura 48, o termo: eficiência energética não aparece.

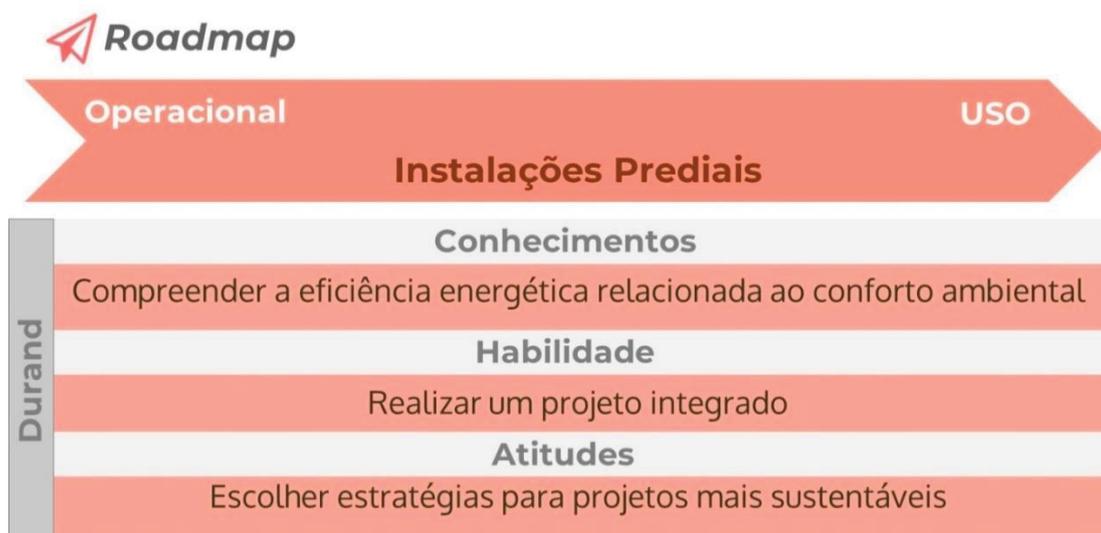
FIGURA 48 – PLANO DE DISCIPLINA USO IES B

PLANO DE ENSINO E APRENDIZAGEM		
CURSO: ARQUITETURA E URBANISMO		
HABILITAÇÃO: BACHARELADO		
COMPONENTE CURRICULAR: INSTALAÇÕES PREDIAIS		
NATUREZA: (X) OBRIGATÓRIA () OPTATIVA		
PRÉ-REQUISITO: NÃO HÁ PRÉ-REQUISITO		
PERÍODO DO CURSO	CARGA HORÁRIA	Nº. DE AULAS SEMANAIS
7º SEMESTRE	80 HORAS	4 AULAS
<p>1. EMENTA:</p> <p>Estudo e aplicação de sistemas hidráulicos para instalações hidrossanitárias prediais. Dimensionamento e projeto de instalações hidráulicas prediais de água fria, água quente e gás; sistemas de drenagem de águas pluviais e esgotos sanitários; instalações de combate a incêndio e instalações especiais. Códigos e normas técnicas, simbologia e especificações de equipamentos, componentes e materiais para instalações hidrossanitárias.</p> <p>Estudo e aplicação de instalações elétricas prediais e sua influência no projeto arquitetônico. Dimensionamento, projeto e instalação de iluminação artificial, telefonia, condicionamento de ar e calefação, exaustão e ventilação forçada, instalações para prevenção contra incêndios e instalações especiais. Conceitos e definições, códigos, normas e procedimentos técnicos, simbologia e especificações de equipamentos, componentes e materiais para instalações elétricas prediais.</p>		
<p>2. COMPETÊNCIAS:</p> <p>Práticas projetuais e as soluções tecnológicas para a preservação, conservação, restauração, reconstrução, reabilitação e reutilização de edificações, conjuntos e cidades.</p>		
<p>3. HABILIDADES:</p> <p>Conhecimentos especializados para o emprego adequado e econômico dos materiais de construção e das técnicas e sistemas construtivos, para a definição de instalações e equipamentos prediais, para a organização de obras e canteiros e para a implantação de infraestrutura urbana.</p>		

FONTE: IES B (2020).

O desenvolvimento da sala de aula virtual da disciplina em questão, se consolidou a partir da aplicação de conceitos da ACV, considerando as seguintes competências com a mesma abordagem aplicada nas disciplinas de materiais e tecnologia, apresentadas na Figura 49, de acordo com Durand (1999):

FIGURA 49 – COMPETÊNCIAS USO



FONTE: da Autora.

i. **Conhecimento:** o estudante compreenderá a relação entre a iluminação natural e a iluminação artificial; a relação entre as aberturas e a ventilação natural e o uso do condicionamento de ar para refrigeração e aquecimento. Conhecerá as normas de desempenho e a eficiência energética relacionados aos projetos complementares.

ii. **Habilidades:** o estudante será capaz de realizar um projeto integrado, utilizando o projeto arquitetônico desenvolvido no semestre anterior e inserir as propostas desenvolvidas na disciplina de Arquitetura de Interiores que acontece simultaneamente. Unirá 3 disciplinas em 1 projeto.

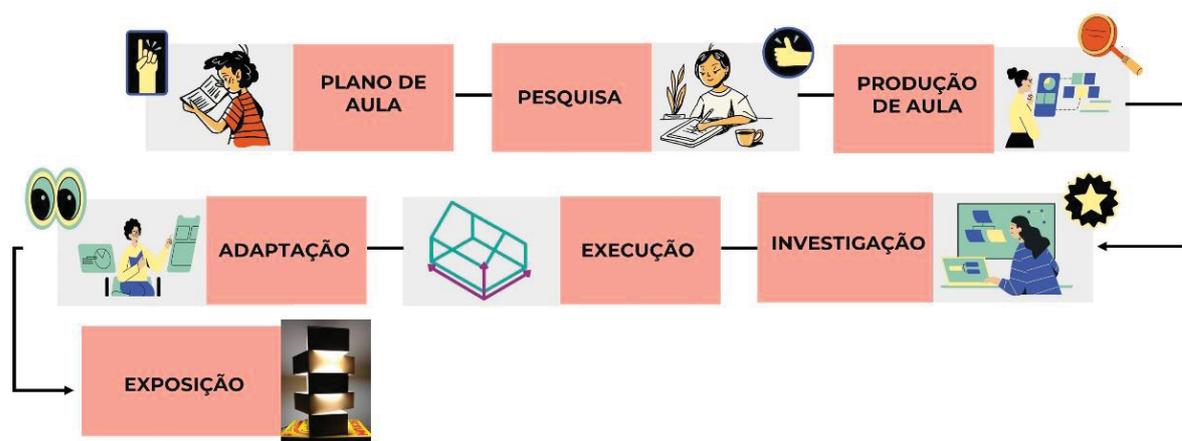
iii. **Atitude:** o estudante refletirá, individualmente, soluções relacionadas à sustentabilidade nos projetos complementares: elétrica e hidrossanitário. As decisões de indicações de equipamentos que utilizam a energia elétrica serão baseadas no custo e nas questões ambientais. O estudante, ao final, consegue responder o seguinte questionamento: **como o envoltório da edificação e os equipamentos influenciam no desempenho termo energético da edificação?**

Depois da definição dos conhecimentos esperados que os estudantes poderão adquirir, planejou-se a abordagem das temáticas com aplicações de ACV, com enfoque no consumo energético da edificação na fase de uso.

6.4.3 Planejamento da aula

Os procedimentos para inserção dos conceitos teóricos e a proposta de atividade seguiram os seguintes passos para a elaboração da continuidade da disciplina iniciada no estágio de uso. Na Figura 50 é possível verificar:

FIGURA 50 – PLANEJAMENTO USO



FONTE: da Autora.

A sequência do desenvolvimento para esta disciplina envolveu:

- Plano de Aula:** o docente, a partir da ementa, do tópico ou tema de aula, planeja as diretrizes e estratégias para a aplicação do conhecimento da ACV na fase operacional, o estágio de uso de acordo com a EN 15804. É importante o diálogo com o plano de curso e com a coordenação.
- Pesquisa:** o docente reúne todos os materiais relevantes para o plano de aula e produção do material teórico e da aula expositiva. Verificação de bibliografia para apoiar o conhecimento teórico disponível ao estudante para consulta.
- Produção da Aula:** após reunir todo o material teórico, como livros físicos e digitais, revistas, artigos e sites de fabricantes de materiais de construção, apresentar aos estudantes a teoria relacionada com uma aula expositiva para exploração de conceitos: o que é, como funciona e onde se aplica.
- Investigação:** após o domínio do conhecimento teórico, o estudante investigará alternativas para a gestão da água e da energia relacionando os projetos complementares ao projeto arquitetônico e de arquitetura de interiores. As entregas na plataforma digital foram: trabalho escrito, memorial e projeto.

- e) **Execução:** os estudantes entregaram etapas parciais dos produtos. A cada conceito apresentado através da aula teórica, uma nova atividade era realizada posteriormente.
- f) **Adaptação:** quando ocorre a compatibilização de projetos é de fundamental importância que haja as adaptações do projeto arquitetônico, caracterizando um amadurecimento do projeto o que reflete em uma execução mais próxima do planejado.
- g) **Exposição Virtual:** além dos projetos complementares, os estudantes criaram uma luminária com o mesmo conceito e que atendesse o cliente.

As abordagens teóricas partiram dos conceitos de aproveitamento da iluminação natural e da ventilação natural, das escolhas de equipamentos com Selo PROCEL e da etiqueta “A” de eficiência energética, tipos de sistemas para aquecimento de água e utilização de uma fonte renovável para geração de energia.

Além da proposta de teoria sobre a eficiência energética, uma aula sobre a ACV foi ministrada para que os estudantes entendam e incorporem a sustentabilidade na fase inicial projetual, priorizando as aberturas para iluminação natural e decisões assertivas nos materiais e tecnologias construtivas.

Como referência e relação entre as diretrizes técnicas com a estética, os estudantes tiveram uma aula teórica sobre: iluminação natural e artificial, conceitos de iluminação e um vídeo do Arthur Casas como iluminação conceitual que foi apresentado durante a aula ao vivo.

No dia 26 de abril de 2021, os estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo participaram da palestra Automação residencial. A palestra foi realizada de forma remota, por videoconferência via *Google Meet*.

Na abordagem do projeto hidrossanitário, os estudantes escolheram equipamentos que reduzem o uso da água potável e soluções para reuso de água e a sua aplicabilidade em projetos.

6.4.4 Planejamento da atividade

Da mesma forma como das disciplinas anteriores, utilizaremos a competência instrumental, apresentadas na Figura 51, de acordo com Cebrián et al. (2007). Assim, o estudante deve desenvolver na proposta de trabalho individual:

FIGURA 51 – ATIVIDADE USO



FONTE: da Autora.

1. **A capacidade de análise e síntese:** buscar estratégias projetuais de conservação e uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações. Compreender o projeto hidrossanitário e propor reaproveitamento de água pluvial e dispositivos economizadores de água potável. No projeto elétrico, propor estratégias para a redução do consumo de energia elétrica por meio da utilização de dispositivos economizadores e lâmpadas eficientes. Compreender a importância de alternativas de energia limpa e as normas para o Desempenho Térmico e Lumínico.
2. **Habilidades básicas de manejo do computador:** pesquisar na biblioteca digital livros na temática de sustentabilidade. Nos sites de fabricantes, verificar a eficiência de lâmpadas, pesquisar equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado que possuam o Selo Procel A, os mais eficientes e que consomem menos energia. Organizar em

planilhas Excel os equipamentos escolhidos, os valores e os cálculos de eficiência. Utilização do *software Powerpoint* ou editor de imagens para a confecção de um painel semântico, determinando os equipamentos elétricos e hidrossanitários compondo a criação da arquitetura de interiores. Desenvolvimento do projeto complementar no *software AutoCad* ou *Revit*.

3. **Habilidade de gerenciamento da informação:** selecionar informações necessárias e relevantes sobre os projetos complementares, o Projeto Arquitetônico e a Arquitetura de Interiores. Relacionar estética, custo e desempenho termo energético.
4. **Resolução de problemas e tomada de decisão:** capacidade de decisão projetual na elaboração de uma proposta para o cliente com estratégias mais sustentáveis e econômicas, sabendo fazer ajustes, quando necessário. Ao final o estudante conseguirá responder a seguinte pergunta: **as alternativas para a eficiência energética interferem na proposta estética do projeto arquitetônico ou de interiores na sua fase inicial?**

O enunciado da proposta de trabalho foi: Você foi contratado para fazer o projeto de arquitetura de interiores e o seu cliente quer ajuda em todas as decisões de compras de materiais e mobiliários, no entanto, ele possui um orçamento estipulado para o custo final. É importante se atentar à eficiência energética e à sustentabilidade nas decisões de indicações. Os passos para o desenvolvimento desse projeto são detalhados na Figura 52:

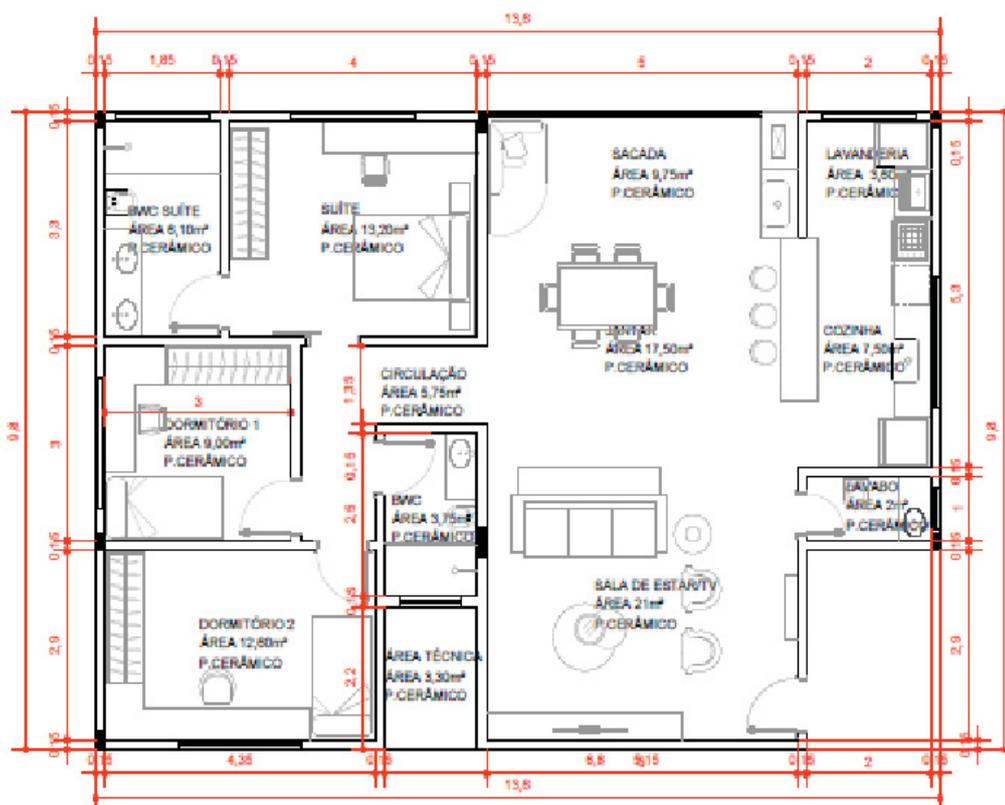
FIGURA 52 – ROTEIRO ATIVIDADE USO



FONTE: da Autora.

1º Projeto arquitetônico: projeto no formato digital ou impresso desenvolvido na disciplina de projeto arquitetônico, concluído no semestre anterior, na Figura 53 temos um exemplo de projeto desenvolvido por uma aluna:

FIGURA 53 – PROJETO ARQUITETÔNICO



FONTE: da estudante (2020).

2º Briefing: anotar as escolhas do cliente, o gosto, o estilo e as funções de cada um dos espaços, como exemplo a Figura 54. O partido arquitetônico será para o projeto elétrico e hidrossanitário.

FIGURA 54 – BRIEFING PROJETO COMPLEMENTAR

FAMÍLIA MAYER

	JOHN MAYER 47 ANOS MÚSICO	"Queremos uma casa clean e aconchegante, iluminação adequada para cada ambiente, e ajustável para as atividades do nosso dia a dia."	Considerações para o PROJETO PRELIMINAR - ILUMINAÇÃO AJUSTÁVEL POR APP, - ELETRODOMÉSTICOS FUNCIONAIS (MÁQUINA LAVA E SECA, MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA E ETC.) - COZINHA E VARANDA COM MOBILIÁRIO PARA SENTAR E SOCIALIZAR. - ILUMINAÇÃO NATURAL - SALA SIMPLES MAS COM ILUMINAÇÃO AJUSTÁVEL QUE PERMITA VÁRIAS ATIVIDADES, VISTO QUE A FAMÍLIA PASSA BASTANTE TEMPO JUNTOS NESSE AMBIENTE.
	KATY MAYER 39 ANOS MODELO	"Não costumamos receber visitas, passamos bastante tempo em casa, apesar disso, preciso de eletrodomésticos que agilzem as atividades cotidianas."	
	MILLIE MAYER 16 ANOS ESTUDANTE	"Nós utilizamos muito a sala e a cozinha, mais a cozinha, ficamos bastante tempo juntos nesse ambiente, é importante que seja aconchegante, e confortável."	
	HARRY MAYER 21 ANOS ESTUDANTE	"Como a Millie disse, nós ficamos bastante tempo na cozinha, nossos quartos cumprem a função básica mesmo, dormir e estudar, mas ainda assim queremos que tenham boa iluminação e gostamos muito de tecnologia, então seria legal lâmpadas com controle por aplicativos."	

Briefing realizado por
DATA: 10/04/21

FONTE: da estudante (2020).

3º Fazer **painel semântico** com as escolhas de equipamentos como: geladeira, máquina de lavar, TV, secador de cabelos etc. tais quais utilizem a energia elétrica, assim como as luminárias, de todos os ambientes. Lembrando da relação com o projeto de arquitetura de interiores. Na Figura 55, tem-se um exemplo de painel semântico elaborado por um estudante no desenvolvimento das atividades.

FIGURA 55 – PAINEL SEMÂNTICO



FONTE: da estudante (2020).

4º Cálculo de eficiência energética: os estudantes fizeram uma lista das luminárias, tipo de soquete e das lâmpadas com informações sobre a eficiência energética, potência, temperatura da cor, qual loja possui o produto e o custo para o orçamento final dos itens escolhidos. Foi necessário consultar sites de fornecedor e catálogos, como exemplo da Figura 56.

FIGURA 56 – PLANILHA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

AMBIENTE	IMAGEM	QNT.	MODELO LUMINÁRIA	DIMENSÃO (cm)	MODELO LÂMPADA	TIPO DE SOQUETE	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	POTÊNCIA	TEMPERATURA DA COR	LOJA	VALOR
DORMITÓRIO 1	1	2	ABAJOUR JOAQUIM BEGE	46x34x24	LED S	E27	*	MÁX. 40W	*	MODBY cód. 720697	R\$ 25,49/unid. + R\$ 23,21 frete
	2	2	LÂMPADA PARA ABAJOUR JOAQUIM	6,5x6,3x12,3	LÂMPADA LED BULBO LUZ AMARELADA	E27	1.21 lumen/15W = 27,4lm/w	15W	2700K	LEROY MERLIN	R\$ 19,99/unid. + R\$ 39,90 frete
	3	5/3,30m	SILICONE COM FONTE LED	300x1	RITA DE LED BRANCO QUENTE	FONTE SA	432LM/24W = 17,9lm/w	24W	2700K	RCA LÂMPADAS cód. 0017994	R\$ 23,00/unid. + R\$ 29,40 frete
	4	1	LUSTRE PENDENTE MODERNO SPUTNIK COBRE	60x63 + 1,3 DE CABO AJUSTÁVE	LÂMPADA DE FILAMENTO LED	E27	*	*	*	MADRAMEAD BRAS	R\$ 379,90 + R\$ 23,00 frete
	5	12	LÂMPADA PARA LUSTRE PENDENTE SPUTNIK	12,3x17,0	LÂMPADA DE FILAMENTO LED	E27	220LM/4W = 55lm/w	4W	2200K	RCA LÂMPADAS cód. 7111473622	R\$ 15,99/unid. + R\$ 29,40 frete
	6	10	LÂMPADA ESPELHO CÂMARA	4,7x4,3	LÂMPADA BOLINHA LED	E27	53LM/1W = 53lm/w	1W	6500K	MERCADO LIVRE	R\$ 22,67/unid. + R\$ 29,90 frete
DORMITÓRIO 2	7	5/3,30m	SILICONE COM FONTE LED	300x1	RITA DE LED BRANCO QUENTE	FONTE SA	432LM/24W = 17,9lm/w	24W	2700K	RCA LÂMPADAS cód. 0017994	R\$ 23,00/unid. + R\$ 29,40 frete
	8	1	LUSTRE PENDENTE QUADRADO PRETO	45x45x12	LED OU FLUORESCENTE	E27	*	MÁX. 60W	*	LEROY MERLIN	R\$ 440,90/unid. + R\$ 39,90 frete
	9	4	LÂMPADA PARA LUSTRE PENDENTE QUADRADO	11x6	LÂMPADA BULBO DE LED	E27	1723LM/12W = 95,23lm/w	12W	6000K	RCA LÂMPADAS cód. 002	R\$ 21,00/unid. + R\$ 29,40 frete
	10	1	ABAJOUR, ESTRO LUMINÁRIA DE MESA	17x61x26	LÂMPADA DE LED, FLUORESCENTE OU DE FILAMENTO	E27	*	*	*	AMERICANAS	R\$ 170,30/unid. + R\$ 69,90 frete



FONTE: da estudante (2020).

5º Escolha de equipamentos: sempre enfatizando a eficiência energética nas escolhas e dos equipamentos que fazem parte do projeto de arquitetura de interiores. Outro item importante foi o aquecimento da água da cozinha. Os estudantes pesquisaram sobre a potência de cada equipamento eletrônico e se esses necessitam de tomadas com usos específicos e inseriram os dados em uma planilha, como apresentado na Figura 57:

FIGURA 57 – LISTA DE EQUIPAMENTOS

Refrigerador Panasonic Frost Free com Porta de Vidro Preto		Lava Louça BRASTEMP		Cooktop BRASTEMP	
Valor	R\$ 4.499,90	Valor	R\$ 3.419,05	Valor	R\$ 719,00
Onde	PONTO FRIO	Onde	brastemp	Onde	brastemp
Voltagem	110/220v	Voltagem	220v	Voltagem	Bivolt
Eficiência Energética	A	Eficiência Energética	A	Eficiência Energética	A
Tipo de tomada	10A	Tipo de tomada	20 A	Tipo de tomada	10 A
Consumo de Energia	39,9 kWh/mês	Consumo de Energia	1,4kWh/ciclo	Consumo de Energia	0,3kWh/
Capacidade total	425L	Consumo de Água	15L/ciclo	Alimentação	gás
Dimensões (AxLxP)	185x69,5x77,2cm	Dimensões (AxLxP)	84,5x59,8x60cm	Acendimento	automático
				Potência queimador 1 (w)	3000
				Potência queimador 2;3;4. (w)	1800
				Dimensões (AxLxP)	8,6x59x48,5cm

Lava # Seca Samsung AddWash Eco Bubble Preta		Depurador de Ar Suggar		Forno de embutir elétrico BRASTEMP	
Valor	R\$ 9.949,26	Valor	R\$ 683,91	Valor	R\$ 1.819,00
Onde	fastshop	Onde	MAGAZINELUIZA	Onde	MAGAZINELUIZA
Voltagem	110V	Voltagem	110V	Voltagem	220v
Eficiência Energética	A	Eficiência Energética	A	Eficiência Energética	A
Tipo de tomada	20A	Tipo de tomada	10A	Tipo de tomada	10 A
Consumo de Energia	0,30kWh/	Consumo de Energia	0,11kWh	Consumo de Energia	0,9kWh/
Consumo de Água	105,5L	Potência	105W	Potência (W)	1860
Capac. de Lavagem	16kg	Capac. de sucção	390m3/h	Volume do Forno (L)	84
Capac. de Secagem	9kg	Altura da instalação	70 a 80cm	Dimen. embutir (A x L x P)	62 x 61 x 58cm
Dimensões (AxLxP)	98,4x68,6x86,4 cm	Dimensões (AxLxP)	86,6x90x49cm	Corte Frontal(A x L)	61 x 57cm

FONTE: da estudante (2020).

6º Lançamentos dos pontos de iluminação e tomadas (com legenda): no projeto arquitetônico e na tabela com área e perímetro de cada ambiente do projeto.

7º Criação de uma luminária: os estudantes realizaram a integração com a disciplina de estética ou desenho de mobiliária e realizaram um passo a passo. A Figura 58 imprime materiais sustentáveis e realizamos uma exposição virtual.

FIGURA 58 – LUMINÁRIA.



FONTE: dos estudantes (2020).

8º Finalização do Projeto Elétrico e Hidrossanitário.

Assim, ao realizar um projeto elétrico e hidrossanitários foram planejados em conjunto com o arquitetônico. Os estudantes verificaram se eram necessárias adaptações quanto ao dimensionamento de espaços ou alterações volumétricas da envoltória da edificação, relacionando as soluções técnicas com a estética da arquitetura de interiores, pensando no usuário, sabendo-se que o perfil dos consumidores ocupantes da edificação pode gerar mais ou menos gastos energéticos e propor alternativas com menores impactos ambientais.

6.5 DISCIPLINA(S) PROPOSTA(S) PARA ESTÁGIO ALÉM DO CICLO DE VIDA

Projetar edifícios dinâmicos e flexíveis para que no seu fim de vida funcionem como bancos de materiais, reduz o uso de recursos a uma taxa que atenda à capacidade do planeta e produza menos resíduos, una os conceitos de prática projetual com representação gráfica favorecendo a montagem e desmontagem buscando conceitos da ACV do berço ao berço. Desse modo, não haverá uma disciplina com fim de vida, mas uma disciplina com o estágio além do ciclo de vida aproximando dos conceitos de *cradle to cradle*.

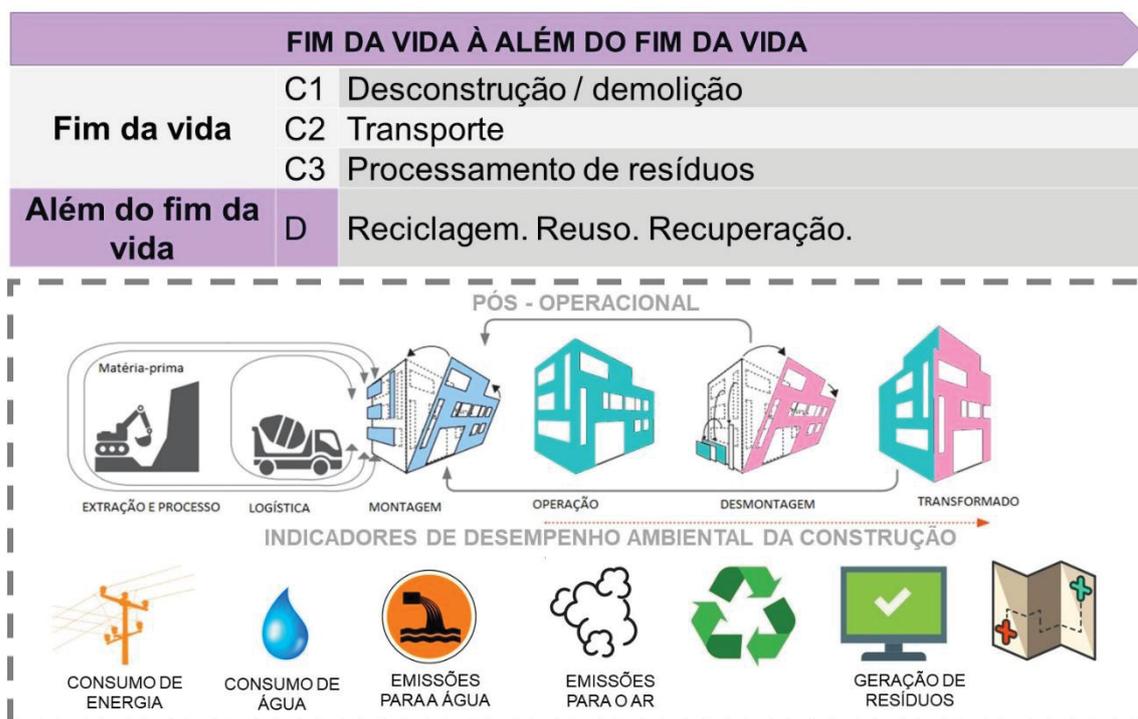
A próxima abordagem temática para a disciplina de Tecnologia da Construção III será o planejamento projetual para reuso de materiais.

6.5.1 Experiência da disciplina Tecnologia da Construção III

Após a análise do PPC e das ementas e planos de ensino da IES A, a aplicação da sustentabilidade no projeto arquitetônico aparece no primeiro ano, em Projeto Arquitetônico I, com a temática Eco Arquitetura. Nos próximos anos de desenvolvimento do Projeto Arquitetônico não há mais a abordagem de sustentabilidade sugeridas na prática projetual.

A disciplina desenvolvida com a turma de terceiro ano, em 2019, abordou os conhecimentos adquiridos no 2º e 3º bimestre sobre tecnologia construtiva e estratégias de canteiros, como descrito no item 6.3 – estágio de construção e, no 4º bimestre, aproximou o conteúdo aos conceitos de ACV berço ao berço, Figura 59.

FIGURA 59 – ESTÁGIO ALÉM DO FIM DA VIDA, ETAPA PÓS-OPERACIONAL.



FONTE: da Autora.

Assim, o estágio de construção e o estágio além do ciclo de vida formaram uma continuação dentro da mesma disciplina anual.

Mesmo que não haja qualquer vinculação do plano de ensino com os conceitos para além do fim da vida da ACV, esta proposta insere a temática com um desenvolvimento preliminar projetual para montagem e desmontagem.

6.5.2 Planejamento da disciplina

A aplicação dos conceitos de ACV, além do fim da vida, também tem suas competências, assim como nas demais disciplinas, apresentadas na Figura 60, de acordo com Durand (1999):

FIGURA 60 – COMPETÊNCIAS ALÉM DO CV



FONTE: da Autora.

i. **Conhecimento:** O estudante compreenderá que as manutenções prediais são necessárias e que cada material possui um ciclo de vida diferente. Ao seu fim de vida, ou ele será substituído ou ele se tornará resíduo ou ele poderá ter um novo ciclo. Assim, na fase projetual é possível planejar uma extensão da vida útil dos recursos ao propor a circularidade, com eficiência de materiais e de energia.

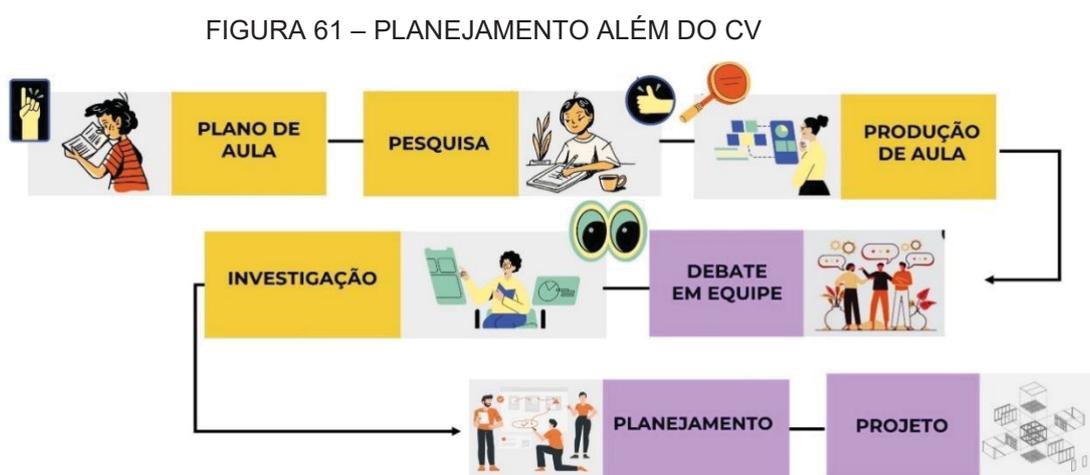
ii. **Habilidades:** o estudante será capaz de trabalhar em equipe e propor projetos com a ACV do berço ao berço inseridos no partido arquitetônico. Edifícios projetados dinamicamente e de forma reversível com o objetivo de montar e desmontar conhecendo o processo produtivo de construção e representação.

iii. **Atitude:** o estudante refletirá, em equipe, como os conceitos de berço ao berço podem ser incorporados ao projeto arquitetônico, como a representação gráfica favorece a montagem e desmontagem. O estudante ao final consegue responder o seguinte questionamento: **quais materiais podem ser reaproveitados, reutilizados ou que tenham a capacidade de ser matéria-prima para outros itens?**

Depois da definição dos conhecimentos esperados que os estudantes poderão adquirir, planejou-se a abordagem das temáticas com aplicações de ACV, com enfoque berço ao berço.

6.5.3 Planejamento da aula

Os procedimentos para a inserção dos conceitos teórico e proposta de atividade seguiram os seguintes passos da Figura 61 para a elaboração da continuidade da disciplina iniciada no estágio de construção e continuada ao estágio além do fim da vida:



FONTE: da Autora.

Os itens diferentes dos aplicados nas disciplinas anteriores é a fase de planejamento e desenvolvimento do projeto.

a) **Plano de Aula:** o docente, a partir da análise do PPC, insere projeto arquitetônico com estratégias para a aplicação do conhecimento da ACV na fase pós-operacional. É importante o diálogo com o plano de curso e com a coordenação.

b) **Pesquisa:** o docente reúne todos os materiais relevantes para o plano de aula e produção do material teórico e da aula expositiva. Verificação de bibliografia para apoiar o conhecimento teórico disponível ao estudante para consulta.

c) **Produção da Aula:** após reunir todo o material teórico como livros físicos e digitais, revistas, artigos e sites de fabricantes de materiais de construção, foi apresentado aos estudantes a teoria relacionada com uma aula expositiva para exploração de conceitos: o que é, como funciona e onde se aplica.

d) **Debate:** a turma decide a divisão das equipes e escolha da tecnologia construtiva para a realização projeto preliminar arquitetônico.

e) **Investigação:** após o conhecimento teórico, o estudante investigará quais tecnologias construtivas permitem a montagem e desmontagem. A pesquisa foi realizada no laboratório de informática com supervisão da docente. As entregas na plataforma digital foram: prancha conceitual do projeto arquitetônico e memorial justificativo.

f) **Planejamento do Projeto:** a equipe faz as atribuições e divisões de trabalho entre os participantes.

g) **Execução:** o projeto arquitetônico passa pela fase de: análise de obra correlatada, conceito e partido, esquemas gráficos, representação gráfica e prancha.

6.5.4 Planejamento da atividade

Após a abordagem teórica de conteúdo os seguintes temas, realizados através de aula teórica com apoio de *Datashow* presencialmente, foram: Construções rápidas, *Steel Frame*, *Wood Frame*, Construções pré-moldadas, Casas ecológicas. Análise do ciclo de vida. Construções para montar e desmontar, *Design for Assembly* (DFA) e *Design for Disassembly* (DFD). Uso de vídeos ilustrativos. A atividade foi proposta para a turma.

Como em todas as disciplinas planejadas, a competência instrumental, apresentadas na Figura 62, de acordo com Cebrián et al. (2007), serviu como direcionamento para a proposta projetual em equipe:

FIGURA 62 – ATIVIDADE ALÉM DO CV



FONTE: da Autora.

1. A capacidade de análise e síntese: compreender a tecnologia construtiva, os materiais necessários para a sua execução, o processo de montagem e a representação gráfica. Compreender a importância das equipes especializadas em um processo.

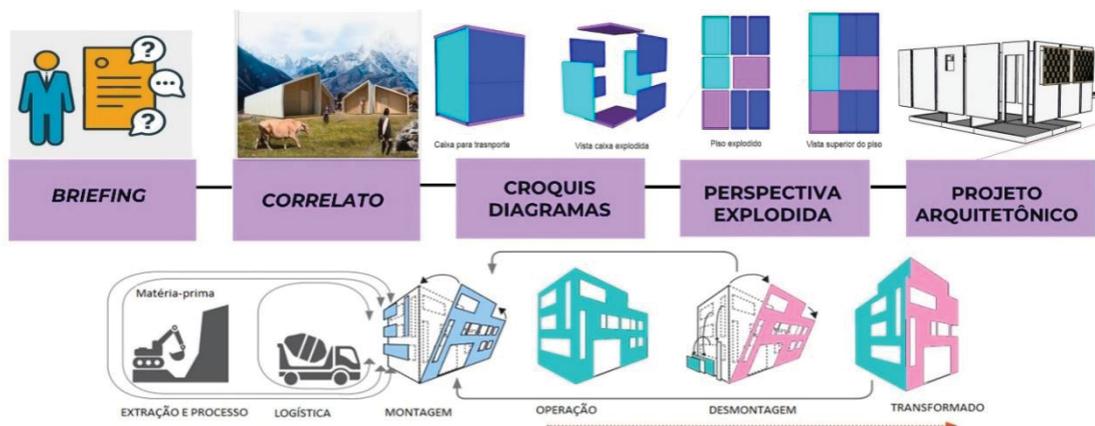
2. Habilidades básicas de manejo do computador: pesquisar na biblioteca digital e em sites de fabricantes os materiais escolhidos. Realizar o projeto preliminar arquitetônico. Utilizar *softwares* de desenho: AutoCAD, *SketchUp* ou Revit. Para a produção de prancha – *Photoshop* e *CorelDraw*.

3. Habilidade de gerenciamento da informação: pesquisar projetos que possuam a mesma tecnologia construtiva escolhida para o projeto arquitetônico como referência de volumetria, estética, programa de necessidades, fluxograma, processo construtivo, detalhamentos e montagem. Organizar a equipe e definir atribuições.

4. Resolução de problemas e tomada de decisão: capacidade de decisão projetual e tecnologia construtiva favorecendo novos ciclos.

A partir desses elementos, o processo projetual seguiu os passos da Figura 63 em esquema de roteiro:

FIGURA 63 – ROTEIRO ATIVIDADE ALÉM CV



FONTE: da Autora.

5. Briefing: determinação da função, os usuários e a localização. Flexibilidade em transformação do projeto em um outro uso utilizando os mesmos materiais. Exemplo na Figura 64 de proposta realizada pelos estudantes:

FIGURA 64 – BRIEFING PARA DESMONTAGEM /MONTAGEM



Refúgio de fácil montagem
 Modulação de um sistema construtivo flexível e leve.
 Capaz de abrigar 5 usuários
 Infraestrutura comuns de alimentação, saúde e convivência



FONTE: dos estudantes (2019).

6. Correlato: o repertório arquitetônico realizado através de análise de um projeto com o mesmo uso com funções similares ou que possua a mesma tecnologia construtiva. É um estudo de caso aprofundado de um projeto arquitetônico que serve como referência projetual e ajuda a entender vários aspectos relevantes na hora de

projetar. Exemplo na Figura 65, de um projeto do escritório italiano de arquitetura Barberio Colella Architeti, que serviu de referência para um estudante:

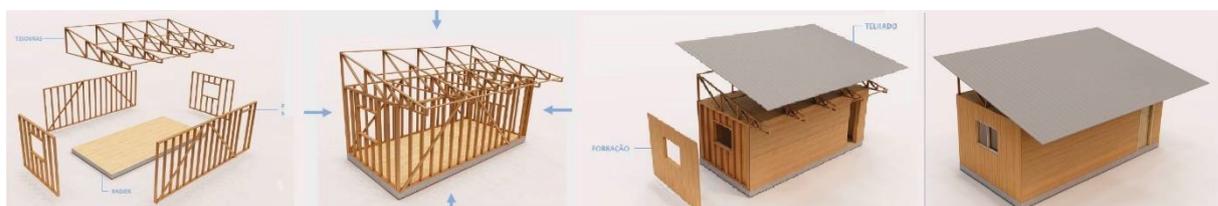
FIGURA 65 – CORRELATO DESMONTAGEM/ MONTAGEM



FONTE: prancha dos estudantes (2019).

7. Croquis, Diagramas e/ou esquemas: os croquis auxiliam no amadurecimento da ideia e podem ser realizados à mão livre. Os diagramas ajudam nos entendimentos da tecnologia construtiva, na montagem e desmontagem. O exemplo de esquemas, na Figura 66 demonstra o que foi utilizado pelos estudantes sobre a tecnologia construtiva.

FIGURA 66 – ESQUEMA DE MONTAGEM

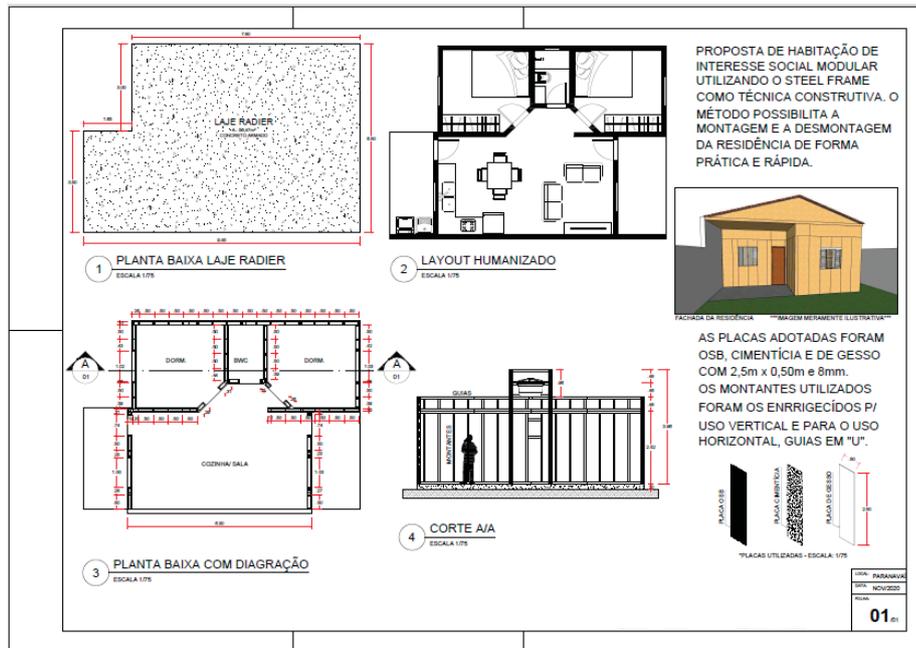


FONTE: dos estudantes (2019).

8. Representação Gráfica: conceber o projeto de arquitetura, integrando questões formais e funcionais de forma conjunta, considerando fluxos e setores de maneira articulada; estudo e dimensionamento dos espaços internos e das questões estruturais em um desenho técnico. A apresentação final do projeto deverá conter as seguintes peças gráficas e textuais: planta baixa com *layout*, planta baixa com

esquemas de montagem da estrutura, corte, perspectiva e detalhes. Exemplo na Figura 67 de produto apresentado pelos estudantes:

FIGURA 67 – PRANCHA TÉCNICA



FONTE: dos estudantes (2019).

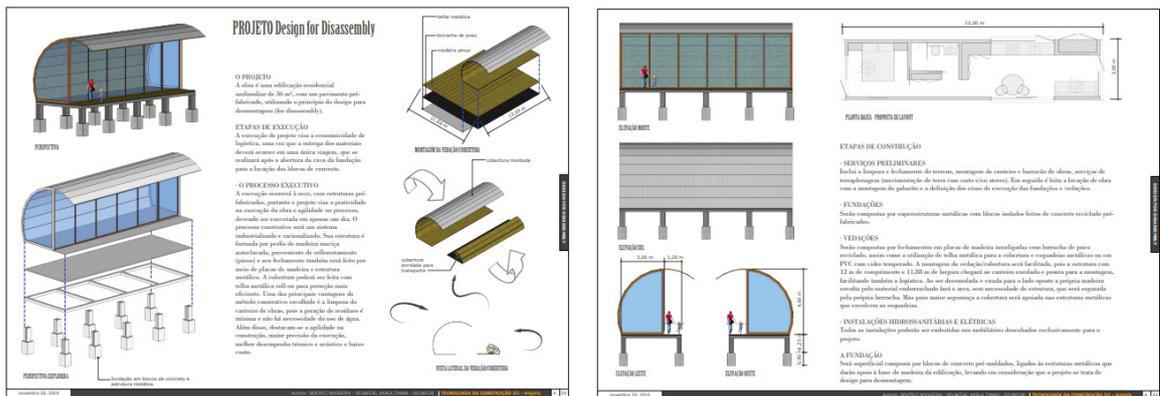
9. Prancha de apresentação do projeto arquitetônico: a realização da prancha apresenta o memorial descritivo com textos e informações necessárias, peças gráficas suficientes para a compreensão do processo criativo com a inserção conceitual da sustentabilidade através de imagens de renderização, todos os elementos construtivos e a representação gráfica: planta baixa, cortes, elevações e detalhes do desenho técnico. Exemplos na Figura 68 e 69 de trabalhos desenvolvidos pelos estudantes na fase preliminar.

FIGURA 68 – PRANCHA CONCEITUAL 1



FONTE: dos estudantes (2019)

FIGURA 69 – PRANCHA CONCEITUAL 2



FONTE: dos estudantes (2019)

Diante do conceito de berço ao berço, o projeto deve ser pensado do início ao fim, em todo o seu ciclo de vida, desde a valorização dos fornecedores locais nas escolhas de materiais com a priorização de materiais com menores impactos ambientais. Nessas condições, a abordagem dos projetos reversíveis com soluções ambientais conseguidas a partir do projeto arquitetônico integrado à ACV, são circulares, ou seja, do berço ao berço.

Os projetos arquitetônicos podem ser reversíveis na adaptação e nos usos das atividades desenvolvidas nos espaços e podem ser uma edificação planejada para a sua desmontagem ou demolição. O fim de vida dos edifícios é de 50 anos, de acordo com o considerado pela NBR 15.575, as janelas, portas, paredes moduladas, madeiramento de telhados, estruturas metálicas podem fazer parte de novos projetos, conseguidos através de banco de materiais.

6.6 TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

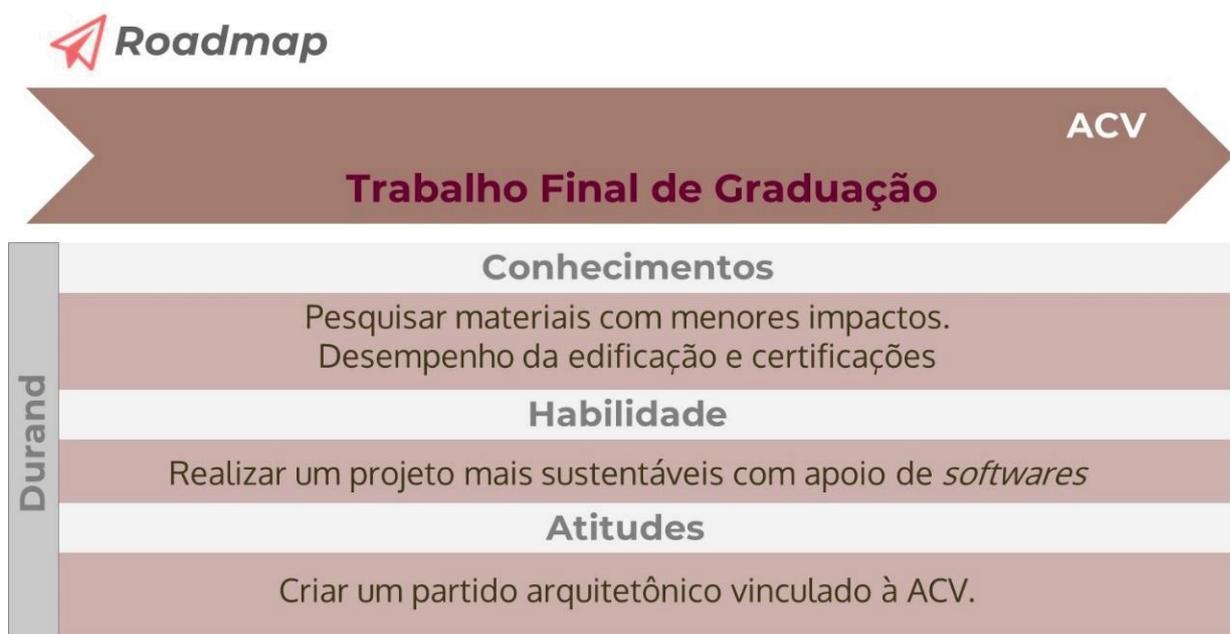
Os Trabalhos Finais de Graduação foram desenvolvidos em duas etapas: (1) Etapa de pesquisa teórica e partido arquitetônico e (2) Anteprojeto arquitetônico de acordo com o Manual de Trabalho Final das IES correspondentes.

O TFG da IES A, Edifício Modular com práticas sustentáveis desenvolvido pelo estudante A foi defendido em 2020 e o TFG da IES B, Bioarquitetura - habitação unifamiliar sustentável, foi defendido em 2021. As orientações foram realizadas remotamente pelo *Google Meet*. Cada uma dessas etapas foi avaliada por bancas remotas realizadas pelo *Google Meet*, tanto da Etapa 1 como da Etapa 2, durante a pandemia do COVID 19.

6.6.1 Planejamento do trabalho

A aplicação dos conceitos de ACV no TFG também tem suas competências, bem como nas demais disciplinas apresentadas na Figura 70, de acordo com Durand (1999):

FIGURA 70 – COMPETÊNCIAS TFG A



FONTE: da Autora.

i. **Conhecimento:** os estudantes possuíam conhecimento sobre os conceitos de ACV aprendidos em disciplinas anteriores, fato que motivou a escolha da temática, de modo voluntário sobre a sustentabilidade. Os conhecimentos novos desenvolvidos no TFG para aprofundamento das temáticas foram: a escolha da tecnologia construtiva com menores impactos e certificações ambientais.

ii. **Habilidades:** o estudante conhecerá as possibilidades de simulação termo energética, com auxílio do *software* gratuito e de código aberto: *plug-in* do *Open Studio* no *Sketchup* na fase inicial projetual. O *template* utilizado será o desenvolvido por Azevedo (2019) com todos os parâmetros iniciais calculados.

iii. **Atitude:** o estudante refletirá como os conceitos de ACV podem ser incorporados ao partido arquitetônico.

6.6.2 Planejamento da atividade

Como em todas as disciplinas planejadas, a competência instrumental, apresentadas na Figura 71, de acordo com Cebrián et al. (2007) serviu como direcionamento para a proposta projetual dos TFGs:

FIGURA 71 – ATIVIDADE TFG



FONTE: da Autora.

1. **A capacidade de análise e síntese:** compreender o percurso da sustentabilidade no Brasil. Compreender os benefícios das certificações ambientais no processo projetual. Estratégias Bioclimáticas. Eficiência Energética e o Conforto Ambiental. Materialidade do uso da madeira.

2. **Habilidades básicas de manejo do computador:** pesquisa teórica e construção de uma monografia nos padrões da ABNT e da IES. Realizar o projeto preliminar arquitetônico utilizando *softwares* de desenho: AutoCAD, *SketchUp* ou Revit. Para a Simulação *Open Studio*. Para a produção de prancha – *Photoshop* ou *CorelDraw*.

3. **Habilidade de gerenciamento da informação:** pesquisar projetos que possuam a mesma tecnologia construtiva escolhida para o projeto arquitetônico como referência de volumetria, estética, programa de necessidades, fluxograma, processo construtivo, detalhamentos e montagem.

4. **Resolução de problemas e tomada de decisão:** capacidade de decisão projetual e tecnologia construtiva favorecendo a sustentabilidade.

Diante disso, o processo projetual seguiu os passos da Figura 72 em esquema de roteiro para o TFG A:

FIGURA 72 – ROTEIRO DO PROJETO TFG A



FONTE: da Autora.

- 1° **Partido** – O estudante utilizou como partido arquitetônico a certificação ambiental. Como critérios definidores das decisões projetuais e estratégia bioclimática que considerou: a ventilação e iluminação; Como decisão da volumetria: norma do corpo de bombeiros para edifícios verticais em madeira.
- 2° **Tecnologia Construtiva** – *CLT* como material construtivo principal.
- 3° **Análise de obra correlatada:**
 - a) **Cook + Fox Architects** com estratégias baseados nos conceitos de biofilia (amor à vida), ênfase na luz natural, ar fresco e conexão com o exterior. O edifício incorpora medidas de economia de água como a captação de águas da chuva e reciclagem de águas cinzas e eficiência energética.
 - b) **Edifício do SEBRAE** de Sustentabilidade - do arquiteto José Afonso Botura Portocarrero e conquistou *BREEAM Awards* 2018: melhor edificação sustentável na categoria Novas Construções em Uso da América. Os materiais possuem certificações de sustentabilidade no que se diz respeito a baixa emissão de gases danosos ao meio ambiente, menor geração de resíduos e alta durabilidade. Este projeto tem como contribuição a captação de água que auxilia no resfriamento da edificação, a utilização dos brises articulados que protegem da incidência solar e permitem a entrada de luz natural.
- 4° **Desenvolvimento projetual** – Estudo da volumetria no *SketchUp*. Estudo da planta baixa no AutoCad. Renderização no *SketchUp* com *V-Ray*. Estudo da ventilação natural com o FluxoVento.
- 5° **Simulação Computacional** – *WoodFrame* utilizando o template de Azevedo (2019) para realização de ACV no Revit, exportação para o *SketchUp* e uso do plugin *OpenStudio* para simulação termo-energética. Troca da tecnologia construtiva utilizada didaticamente para aprendizado do aluno.

O processo projetual seguiu os passos da Figura 73 em esquema de roteiro para o TFG B:

FIGURA 73 – ROTEIRO DO PROJETO TFG B



FONTE: da Autora.

- 6° **Partido:** a residência unifamiliar utilizou os critérios do selo caixa azul, padrão prata, como critérios definidores das decisões projetuais e estratégia bioclimática que considerou: a ventilação; resfriamento evaporativo e umidificação;
- 7° **Tecnologia Construtiva:** *WoodFrame* como material construtivo principal.
- 8° **Análise de obra correlatada:** as estratégias relevantes que inspiraram o projeto serão apontadas em cada uma das análises feitas pela estudante.
- a) **Casa de Vidro**, Lina Bo Bardi: inspirações: pátio vazado com uma árvores da vegetação nativa local que além de exercer função de amenização climática, possibilita a ventilação cruzada estabelecendo um contato entre o exterior e o interior.
- b) **Beijódromo**, João Filgueiras Lima. Memorial Darcy Ribeiro localizado na Universidade de Brasília. Inspirações: o projeto utiliza espelhos d'água, por meio de evaporação, em toda a periferia da construção, para resfriar o ar que penetra no ambiente nos períodos secos.
- 9° **Desenvolvimento projetual:** na volumetria da edificação foram considerados alguns aspectos que envolvem as regras ditadas pelas leis municipais, percurso solar, orientação predominante dos ventos e circulações horizontais e verticais. A setorização apresentada por meio de um esquema conceitual propõe o térreo como área social, o segundo pavimento como áreas privativas e o terceiro como solário e área de lazer.

10° **Simulação Computacional** – Estudo da volumetria e de iluminação natural no *SketchUp*. Plugin *OpenStudio* de Azevedo (2019) para simulação termo-energética. Estudo da planta baixa no AutoCad. Renderização no *SketchUp* com V-Ray.

6.7 SÍNTESE DO CAPÍTULO

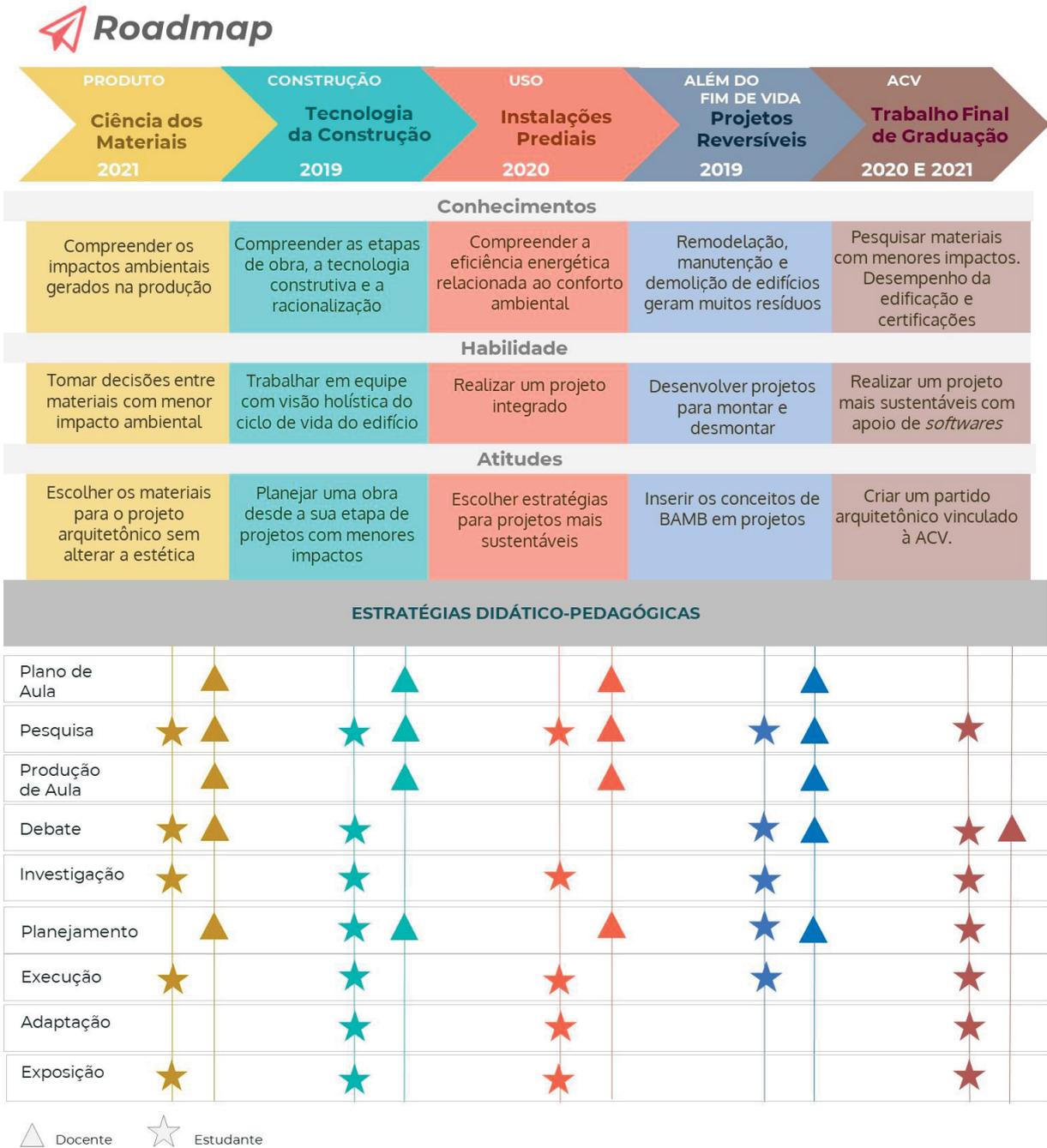
A proposta de transdisciplinaridade e de integração de conteúdo, tanto na vertical, tanto na horizontal, de maneira transversal, faz com que os conhecimentos adquiridos pelos estudantes se relacionem e se completem de acordo com as visões que cada disciplina deve conter sobre a sustentabilidade.

Dessa forma, a aplicação exponencial se refere à complexidade dos portes dos edifícios que os estudantes experimentarão.

Como por exemplo, uma residência unifamiliar térrea seria referente ao primeiro período, um edifício multifamiliar, por exemplo, seria uma aplicação para quinto ou sexto período, de acordo com a evolução da dimensão da arquitetura relacionada ao espaço e a implantação no terreno referente à cidade.

O intuito é o aprimoramento gradual e complementar, sendo assim, a aplicabilidade da sustentabilidade em cada um dos estágios proposto pela norma europeia EN 15804, a que esta tese se inspirou, compõe as etapas de aplicação, sucessivamente e em um ciclo de aplicabilidade no TFG, Figura 74:

FIGURA 74 – ROADMAP



FONTE: da Autora.

Assim, os conhecimentos relativos à sustentabilidade estariam vinculados às diretrizes do projeto arquitetônico em busca de um relacionamento de aplicação de diretrizes para a projetos mais sustentáveis. A experimentação no TFG com a inserção da sustentabilidade conceitual Figura 75:

FIGURA 75 – PARTIDO ARQUITETÔNICO DO TFG A E B



FONTE: da Autora.

A partir dos dois TFGs analisados, as decisões como partido arquitetônico são inseridas como uma pesquisa inicial e fundamental para o amadurecimento de diretrizes e viabilidade técnica projetual. Além disso, as experiências de obras correlatas são referências de aplicações, do que se pretende, com o que foi aplicado e com sucesso por profissionais atuantes no mercado e de referência.

7 ANÁLISE

O ato de projetar em arquitetura vai muito além das questões formais, plásticas, estéticas, do programa de necessidades e desejos dos clientes. A inserção do novo projeto ultrapassa as fronteiras dos limites do terreno e o planeta necessita de soluções mais sustentáveis nas práticas projetuais em sua fase inicial. O projeto deve ser pensado do início ao fim, em todo o seu ciclo de vida, do berço ao berço.

Com a valorização dos fornecedores locais nas escolhas de materiais, priorizando os materiais com menores impactos ambientais; utilização de energia limpa com o uso de placas fotovoltaicas e sistemas de aquecimento da água; reuso de água na irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, reduzindo o uso de água potável que é um recurso esgotável; da eficiência energética e o conforto do usuário durante a etapa de uso são conceitos que os estudantes de arquitetura precisam aprender, rever e inserir, de diferentes formas de aplicação a partir da transdisciplinaridade.

Além disso, as plantas arquitetônicas podem ser reversíveis, adaptáveis e planejadas aos novos usos, às novas atividades futuras para os espaços e podem, ainda, ser montada, desmontada e remontada, para um aproveitamento dos materiais na etapa de demolição.

As disciplinas serão analisadas de acordo com os seguintes autores: Leite (2005) estágio de produto e construção; Umakoshi (2014) estágio de uso, Durmisevic (2019) estágio além do ciclo de vida; Bueno et al. (2011) em uma análise conjunta das disciplinas; e Azevedo (2019) nos TFGs.

7.1 ESTÁGIO PRODUTO

Projetar é trilhar caminhos de decisão, a competência em Arquitetura solicita precisão e acerto, o traço do arquiteto não é jamais inocente, tem consequência. Dessa forma, a partir dos conceitos de ensino-aprendizagem de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, apresentado na tese de Doutorado de Leite (2005), a disciplina de Ciência e Tecnologia dos Materiais conseguiu aplicar as competências com a participação do estudante no processo de aprendizado sintetizados no Quadro 17:

CONCEITOS DE ENSINO APRENDIZAGEM	MÉTODOS DE OPERACIONALIZAÇÃO	METAS DE APRENDIZAGEM PRETENDIDAS
Domínio tecnológico	Ter justificativas lógicas para as decisões arquitetônicas, particularmente em termos construtivos.	Grau de consequência das decisões; Saber dizer sobre o que se faz;
Aprendizado por problematização e estímulo à inventividade	Despertar a curiosidade para a descoberta das soluções integradoras de conhecimentos e recursos técnicos prováveis e possíveis.	Autoconfiança para o enfrentamento de problemas;
Competência e compromisso com o acerto	Trabalhar com o conceito de qualidade construtiva, tida como a adequação das ideias arquitetônicas à realidade social na qual a obra se insere.	Aquisição de efetiva liberdade no ato da concepção do projeto e na proposição dos processos construtivos;

FONTE: adaptado de Leite (2005).

1. **Domínio tecnológico:** ao analisarmos as habilidades de gerenciamento da informação e a resolução de problemas e tomada de decisão, proposto por competências na atividade desenvolvida pelos estudantes, mesmo que no processo preliminar projetual, cabe ao projetista o papel de especificar materiais e processos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido pela Norma NBR 15575:2021. Dessa forma, esse envolvimento da disciplina conscientiza os estudantes sobre as suas responsabilidades nas decisões iniciais que geram impactos ambientais reais e os prepara para os processos exigidos no mercado de trabalho.

2. **Aprendizado por problematização:** como a proposta do sequenciamento das disciplinas com base na ACV propõe a transdisciplinaridade, os conhecimentos de cada uma das disciplinas são necessários para a continuidade do conhecimento e a sua relação com o projeto arquitetônico. Dessa forma, os conhecimentos sobre o estágio de produto serão aplicados de diferentes formas em diferentes disciplinas, do início ao fim da graduação. A busca por soluções alternativas com menores impactos, não tornando a tradição construtiva brasileira como regra, faz com que os estudantes realizem pesquisas em sites de fabricantes e catálogos. Assim, outros fornecedores podem ser estimulados a melhorar os aspectos ambientais dos produtos, fornecendo informações verificáveis, relevantes e não enganosas, através de rótulos e declarações ambientais de acordo com a NBR 14020:2002.

3. **Competência e compromisso com o acerto:** com a exploração de materiais tradicionais utilizados na construção civil, os estudantes pesquisam novas

possibilidades de substituições desses materiais e fazem uma verificação, de maneira teórica, dos impactos ambientais que cada um possui. Adquirindo conhecimento do processo de produção do material e verificação da aplicabilidade dos materiais de maneira regional. Outra observação importante é sobre a comparação entre materiais e a idade de fim de ciclo de cada um deles. É necessário um aprofundamento dos impactos ambientais.

A compreensão e os conhecimentos dos impactos ambientais gerados pelos materiais construtivos, em todo o seu ciclo de vida, extração, processamento e transporte até o canteiro de obras, são informações relevantes, pois, até o momento, se estudou um único material.

7.2 ESTÁGIO CONSTRUÇÃO

Como uma continuidade de proposta, para compreensão das tecnologias construtivas, é necessária a compreensão dos materiais que a compõe.

A disciplina de Tecnologia Construtiva III conseguiu aplicar as competências com a participação do estudante no processo de aprendizado sintetizadas no Quadro 18, adaptados a partir de Leite (2005):

QUADRO 18 – CONCEITOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CONSTRUÇÃO

CONCEITOS DE ENSINO APRENDIZAGEM	MÉTODOS DE OPERACIONALIZAÇÃO	METAS DE APRENDIZAGEM PRETENDIDAS
Domínio tecnológico	Ter justificativas dos processos construtivos e controle dos resultados esperados.	Grau de consequência das decisões; Saber dizer sobre o que se faz;
Aprendizado por problematização e estímulo à inventividade	Desenvolver métodos de investigação crítica da realidade. Instigar a responsabilização sobre as decisões de processo e produto, e a condução da interação social do trabalho.	Domínio do processo de trabalho e controle sobre resultados; Habilidade para o diálogo técnico-social;
Competência e compromisso com o acerto	Praticar a concepção e direção do trabalho integradas com demais áreas; Trabalhar o projeto como instrumento efetivo de planejamento da construção.	Aquisição de efetiva liberdade no ato da concepção do projeto e na proposição dos processos construtivos;

Fonte: adaptado de Leite (2005).

1. **Domínio tecnológico:** os estudantes desenvolveram habilidades em equipes executando apenas uma parte para compreensão de todas as etapas da simulação do canteiro de obras. Precisaram de conhecimentos adquiridos em disciplinas anteriores e auxílio do professor de cálculo estrutural para a finalização do projeto.

2. **Aprendizado por problematização:** perceberam que uma equipe dependia da outra e que necessitavam de equipes especializadas em um processo. Tiveram o apoio dos gerentes de projeto e de obras na resolução de problemas. Conseguiram compreender que os erros da obra foram erros no cálculo estrutural. Tal fato gerou retrabalho e que vale a pena o investimento de tempo na fase projetual.

Competência e compromisso com o acerto: os erros de projeto influenciaram no tempo e no custo e para solucionar o problema, tiveram que refazer o planejamento, pois a data do evento da exposição não poderia ser alterada. A visita ao canteiro de obras trouxe uma experiência cuja teoria foi aplicada à prática como acontece no mercado de trabalho.

Assim, as análises de materiais serão de um conjunto necessário para determinada etapa da obra. Cada tecnologia construtiva possui um impacto diferente e para ser analisada é necessária a compreensão dos quantitativos individuais de cada material.

Os estudantes entenderam os diferentes materiais para a execução de obras; experimentaram o planejamento e orçamento de obras e, por fim, apresentaram um seminário sobre a teoria e experiência vivenciadas.

No plano, esta disciplina é 100% teórica, enfatizando a divisão entre componentes teóricos e práticos, como resultado da atividade, foi possível observar que a prática e teoria se complementaram e agregam conhecimento aos estudantes em vivências muito próximas do que se pratica no mercado de trabalho.

7.3 ESTÁGIO USO

Na disciplina em questão, os estudantes decidiram as indicações de equipamentos que utilizam a energia elétrica baseados na eficiência energética, aliando-os às questões ambientais, estética e o custo. Essa relação faz com que os estudantes desenvolvam habilidades de decisões e alternativas para se chegar à expectativa de orçamento do cliente.

Os acadêmicos compreenderam a importância de o projeto arquitetônico ser desenvolvido em paralelo com os projetos complementares e com a arquitetura de interiores, valorizando o amadurecimento projetual.

Os critérios qualitativos que não podem ser medidos nem quantificados, mas que possuem influência relevante no desempenho do edifício e foram divididos em três áreas de interesse: impacto no entorno, qualidade ambiental e eficiência energética. Tais áreas foram submetidas à análise do Quadro 19 conforme Umakoshi (2014).

QUADRO 19 – CRITÉRIOS QUALITATIVOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ESTRATÉGIA	Soluções Projetuais
Redução do consumo de energia comparado aos padrões locais, por intermédio de estratégias arquitetônicas;	O uso do ar-condicionado pode ser reduzido com um projeto bioclimático.
Estratégias para diminuição de demanda energética nas horas de pico através de novas tecnologias;	Fontes alternativas de energia como aquecimento solar e fotovoltaica para produção de eletricidade.
Redução do impacto de demanda na rede;	Uso de equipamentos eficientes nível A em consumo energético.
Inclusão de estratégias passivas de iluminação e ventilação;	Orientação em função da insolação, ventilação, iluminação natural e cores.
Estratégias de tratamento de fachada para redução do consumo de energia;	Sombreamento adequado. Escolher materiais de acordo com as propriedades térmicas nas superfícies. Simulação termo-energética

FONTE: Umakoshi (2014).

O desenvolvimento da atividade no estágio de uso utilizou o projeto arquitetônico desenvolvido no semestre anterior. Dessa forma, os projetos complementares foram desenvolvidos em sequência de tal modo que as estratégias em vermelho não foram alcançadas sobre a eficiência energética, porque a volumetria do projeto arquitetônico estava finalizada e não havia tempo hábil para uma retroalimentação, ou seja, uma revisão da volumetria do projeto arquitetônico.

Os critérios quantitativos, como estratégia projetual para a eficiência, de acordo com Umakoshi (2014) foram divididos nas seguintes categorias: eficiência do espaço, eficiência ambiental interna do edifício, eficiência energética e o impacto ambiental do edifício. Os itens relacionados à eficiência energética são:

- Consumo total de energia / área útil total (kWh/m² ano).
- Consumo total de energia / usuário (kWh/pessoa ano).
- Emissão de CO₂ em relação ao total de energia consumida pelo edifício (toneladas/m² ano).

A partir dessas informações, os estudantes utilizaram sites de cálculos estimados para a compreensão de emissões de Emissão de CO₂ em relação ao total de energia elétrica consumida.

Os simuladores também foram utilizados para o quantitativo de placas fotovoltaicas e demanda para o aquecimento de água.

Desde agosto de 2014, a Etiquetagem de Edificações tornou-se obrigatória em edifícios da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional. Para obter melhor resultados em menores investimentos, a edificação eficiente deve ser concebida na etapa de projeto, podendo chegar a 50% de economia. Sendo que, nos sistemas de etiquetagem, os edifícios públicos, comerciais e de serviço a regulamentação avalia em três subsistemas: iluminação condicionamento de ar e envoltória.

Sendo assim, percebeu-se que as simulações ambientais possuem objetivos diferentes diante da etapa do processo de projeto arquitetônicos. Na fase inicial, as simulações, além de proporcionarem menores impactos ambientais, conforto aos usuários, também são definidores da volumetria do edifício. Nessa fase inicial, as alterações são mais viáveis de volumetria.

Realimentando o processo de ajustes ambientais com os ajustes estéticos e da forma arquitetônica. Nas fases subsequentes, faz parte da compatibilização de projetos em conjunto com os projetos complementares.

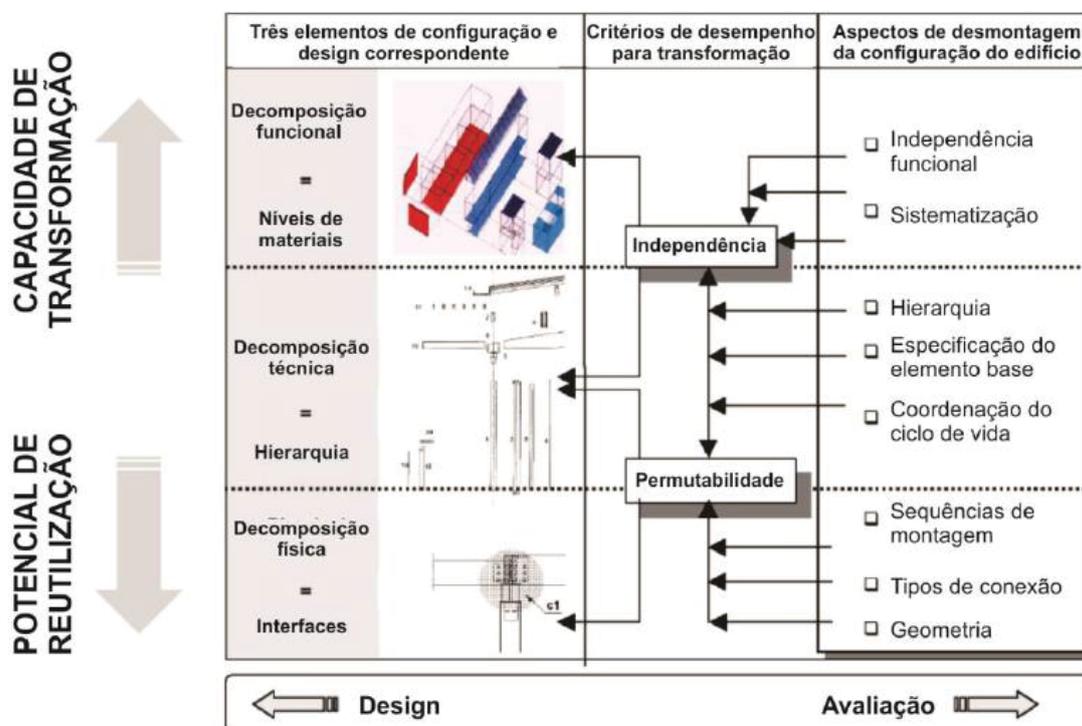
7.4 ESTÁGIO ALÉM DO CICLO DE VIDA

O projeto de construção reversível, segundo Durmisevic (2019), estende o escopo do projeto além do projeto de construção que é materializado em torno de um programa de uso e uma opção de fim de vida de seus materiais.

O processo para dar forma a um edifício reversível e sua configuração técnica definida pelo nível de capacidade de transformação, bem como pela independência e intercambialidade dos produtos de construção, é abordado por dois elementos, de acordo com Durmisevic (2019): (1) Reversibilidade Espacial e (2) Reversibilidade Técnica. O projetista deve focar com igual importância a reversibilidade espacial e a reversibilidade técnica definida por todos os três níveis de decomposição (funcional, técnico e físico).

Os critérios de reversibilidade técnica possuem três grupos propostos por Durmisevic (2019): domínios de *design* para desconstrução, critérios de *design* e requisitos de concepção, de acordo com a Figura 76.

FIGURA 76 – GRUPOS DE FATORES DA REVERSIBILIDADE TÉCNICA



FONTE: Durmisevic (2019).

A atividade proposta aos alunos alcançou apenas os itens de 1 até o 3, a decomposição Técnica e Física será apenas descrita como a autora propõe (DURMISEVIC, 2019):

Decomposição Funcional:

1. **Independência Funcional:** uma estrutura pode ser revertida se seus elementos/componentes/sistemas forem definidos como partes independentes de uma estrutura de construção e se suas interfaces forem projetadas para troca.

A atividade propôs que o projeto arquitetônico tivesse a representação gráfica com os componentes desassociados para uma melhor compreensão da possibilidade de reaproveitamento dos materiais.

2. **Sistematização:** quais funções estão agrupadas e quais não estão; opções de reconfiguração do produto e a complexidade da composição técnica em nível de construção; e, produto para desempenhar uma determinada função.

A representação gráfica incluiu, além das partes agrupadas para reconfiguração, as partes que não podem ser reaproveitadas, como a fundação, por exemplo.

Na sequência, os itens que não foram alcançados pelos estudantes no processo projetual.

Decomposição Técnica:

3. **Hierarquia:** relações físicas, bem como tipologia de interface que aumenta o potencial de reutilização são essenciais.

A autora aborda a necessidade de planejamento das peças com a ordem hierárquica dos elementos dentro das estruturas e com as conexões entre os elementos.

Esta etapa seria subsequente ao projeto preliminar apresentado pelos estudantes. Uma possibilidade seria a construção de maquetes em escala reduzida simulando os dois cenários diferentes projetuais, com mais detalhes para as peças e encaixes. No entanto, não houve tempo hábil para a execução de protótipos físicos para complementação desta pesquisa.

4. **Projeto do elemento base:** definição de elementos de uma unidade como telhado, piso e teto em subconjuntos. Isso resulta em um arranjo de peças de construção que são agrupadas em subconjuntos independentes de acordo com sua funcionalidade e podem ser desmontadas e substituídas independentemente. Isso

também resulta em uma montagem mais rápida, pois o número de etapas de montagem no canteiro de obras é reduzido.

5. **Coordenação do Ciclo de Vida:** os materiais de construção têm ciclos de vida que variam de 5 a 75 anos, mas frequentemente as sequências de montagem dos materiais não consideram isso.

Como proposta: tabela com todos os materiais utilizados e a data do seu fim de vida. Essa relação é um item abordado na NBR 15575, sobre o manual do proprietário, com instruções sobre manutenção e troca dos materiais para um melhor desempenho.

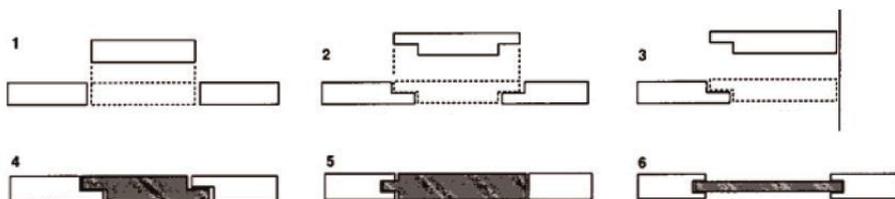
Decomposição Física:

6. **Sequências de Montagem:** permitindo uma montagem mais paralela do que sequencial dentro de um edifício.

7. **Geometria e morfologia:** projetar a geometria externa do produto que permitirá a recuperação dos elementos sem danificar os mesmos ou os elementos e a geometria da borda do produto que seja adequada para reutilização.

8. **Tipo de conexões:** utilizar tipo de ligação que permita a separação e fácil recuperação dos elementos, Figura 77.

FIGURA 77 – TIPO DE CONEXÕES



FONTE: Durmisevic (2019).

As conexões de 1 a 3 permitem as substituições, as de 4 a 6 a substituição acontecerá pela demolição. Ainda segundo a mesma autora, Durmisevic (2019), os cenários para circularidade de material devem ser requisitos técnicos padrão em um resumo de projeto. Isso deve exigir uma especificação clara dos materiais na construção, suas propriedades e funcionalidades, bem como suas opções de uso futuro dentro de uma mesma aplicação para acomodar novas funções. A entrega do projeto final deve conter instruções para recuperação de cada material e número de etapas de recuperação.

7.5 ANÁLISE DAS DISCIPLINAS EM CONJUNTO

Na transdisciplinaridade proposta nas disciplinas com a abordagem do conceito da sustentabilidade no processo projetual, as certificações ambientais são nichos utilizados no mercado da Arquitetura e Urbanismo. Dessa forma, as atividades desenvolvidas apresentam-se como um impulso inicial para um maior aprofundamento dos requisitos necessários em cada um dos sistemas, para novas replicações das disciplinas, em processo de amadurecimento e inserção de melhorias no conhecimento dos estudantes e habilidades propostas.

As categorias de avaliação comparadas por Sistemas de Certificação elencadas no Quadro 20 por Bueno et al. (2011), serão analisadas de acordo com as aplicações desenvolvidas nas disciplinas conceitualmente:

QUADRO 20 – CATEGORIAS PARA ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO

Categorias de avaliação	Categorias a serem comparadas por Sistema de Certificação			
	GBTTool (COLE; LARSSON, 2002)	Green Glober (SKOPEK; BRYAN, 2002)	AQUA (FCAV, 2008)	LEED (USGBC, 2009)
Processo de Projeto		Gestão de projeto	Escolha integrada de produtos, sistemas, processos construtivos	Inovação e processo de projeto
Conexões	Transportes diários		Relação do edifício com o seu entorno	Localização e ligações
Implantação		Terreno		Sítios sustentáveis
Consumo de recursos	Consumo de recursos	Energia; Água; Gestão de energia; Recursos;	Gestão da água; Eficiência da Água; Escolha integrada de produtos, sistemas, processos construtivos	Energia e atmosfera; Materiais e recursos;
Emissões	Cargas ambientais	Emissões, efluentes e outros impactos	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	Energia e atmosfera
Conforto e qualidade ambiental	Qualidade ambiental interna	Ambiente interno	Conforto higrotérmico; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto olfativo; Qualidade sanitária dos ambientes, do ar e da água.	Qualidade do ambiente interno;
Serviços	Qualidade do serviço			
Aspectos Econômicos	Economia			
Planejamento e operação	Gerenciamento		Canteiro de obras com baixo impacto ambiental; Manutenção – permanência do desempenho ambiental;	Conscientização e educação;

Fonte: Bueno et al. (2011).

As cores fazem referências às disciplinas. Em amarelo, o estágio de produto enfatizou os impactos ambientais gerados pelos materiais e a importância das declarações ambientais.

Destacado em azul, o estágio de construção, a atividade colaborativa em equipes relacionou as problemáticas de execução aos erros do processo projetual e como aprendizado, a valorização das fases iniciais com a gestão de projeto integrado e o gerenciamento do canteiro de obras.

Em rosa, o estágio de uso abordou a eficiência energética (gestão da água e energia) e o custo desta etapa. O estágio, além do fim da vida, apresentou a possibilidade de projetos reversíveis, propondo novos ciclos aos materiais, destacado em lilás.

No entanto, esses itens se relacionaram timidamente ao processo projetual, as disciplinas de tecnologia apresentadas no Capítulo 6 aproximaram-se do projeto arquitetônico para que o estudante, no processo preliminar, insira estes conhecimentos ao desenvolver as atividades propostas pelas disciplinas de projeto arquitetônico. Os itens destacados em verde fazem referência ao projeto arquitetônico e as disciplinas de conforto ambiental e não foram aplicadas nesta tese.

7.6 TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

Para se ter uma arquitetura sustentável, a decisão dos materiais construtivos escolhidos durante a fase conceitual arquitetônica é uma influência direta nos impactos ambientais gerados pela edificação. É importante compreender o ciclo de vida de cada um dos materiais utilizados no projeto e propor soluções com menores impactos ambientais.

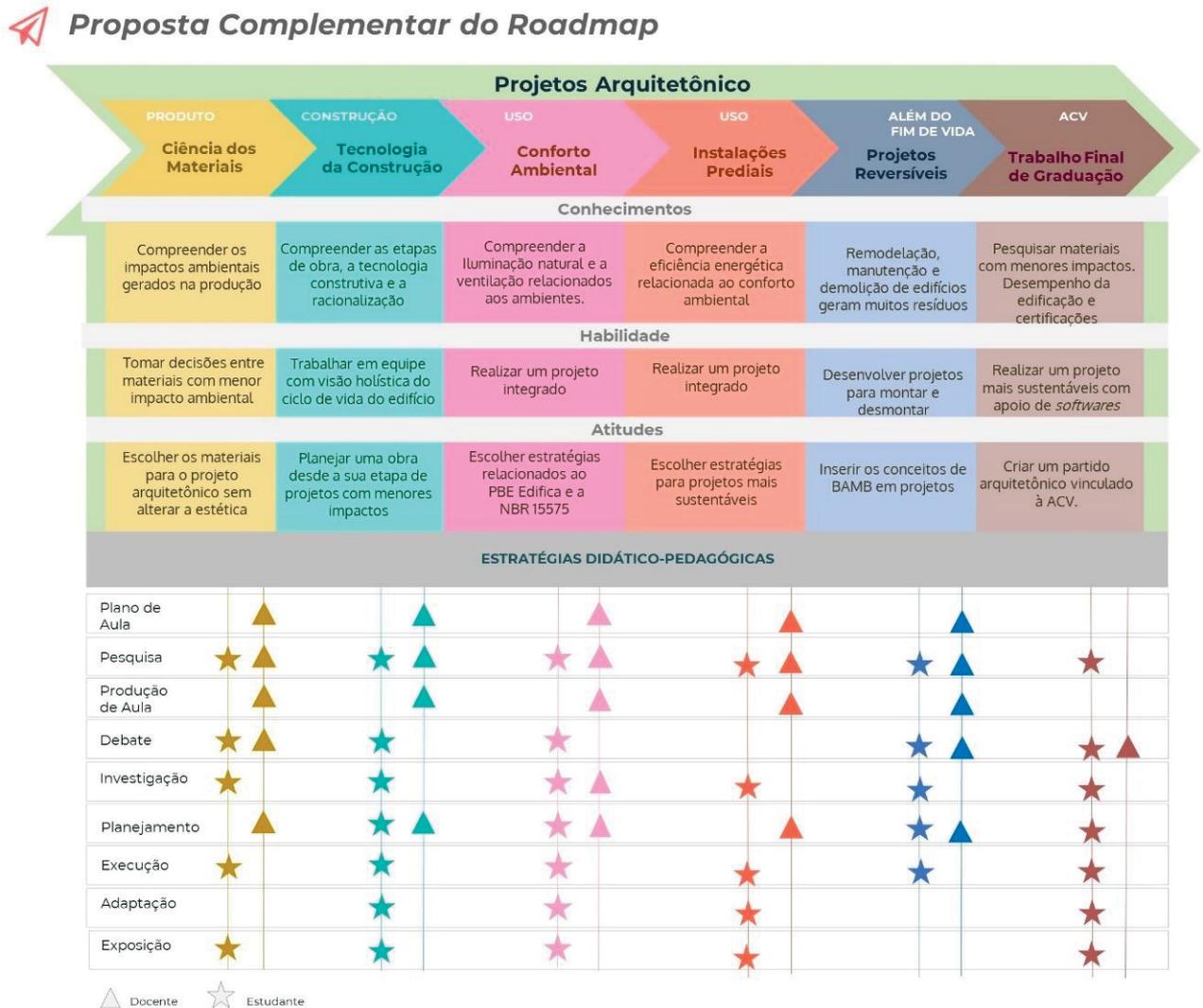
No TFG as decisões iniciais se basearam nas escolhas das tecnologias construtivas com menores impactos ambientais. Neste contexto, como alternativa ao uso de materiais minerais e fósseis está a madeira, um material renovável, capaz de armazenar dióxido de carbono em seu processo de crescimento.

Os dois Trabalhos Finais de Graduação escolheram a madeira como alternativa construtiva, por ser apropriada aos processos de pré-fabricação e de montagem rápida, dessa forma, foi possível utilizar o *template* desenvolvido por Azevedo 2019.

7.7 PROPOSTA DE MELHORIA

Como proposta de melhoria para uma futura aplicação em sala de aula, a disciplina de conforto ambiental foi inserida ao *roadmap* e a disciplina de Projeto Arquitetônico está articulada a todas as demais disciplinas conforme Figura 78.

FIGURA 78 – PROPOSTA DE MELHORIA DO ROADMAP



FONTE: da Autora.

i. **Conhecimento:** O estudante compreenderá a relação da iluminação natural e ventilação relacionados às normas do PBE Edifica; NBR 15575 e sistema *Excellence in Design for Greater Efficiencies* (EDGE) que considera 3 categorias: consumo de energia, consumo de água e energia incorporada nos materiais.

ii. **Habilidades:** o estudante será capaz de aplicar as diretrizes projetuais a partir de estratégias bioclimáticas e das estratégias ativas e passivas com o uso de *softwares*, a partir da construção de *templates* pelo docente. Relacionar a atividade à disciplina de projeto arquitetônico.

- a. *Softwares* Eficiência Luminosa (DIALux gratuito), a atividade pode ser relacionada e transdisciplinar com as instalações prediais;
- b. *Software* de ventilação natural, túnel de vento (Fluxo Vento).
- c. Estudos realizado no BIM.

iii. **Atitude:** o estudante refletirá, individualmente, como os conceitos conforto ambiental pode ser incorporado ao projeto arquitetônico, e como o uso de *softwares* auxilia na compreensão de atendimentos às normas. O estudante ao final consegue responder o seguinte questionamento: **quais decisões arquitetônicas necessárias na volumetria para conseguir alcançar as exigências normativas de luminosidade e ventilação? De que formas esses índices melhoram a qualidade de vida dos espaços?**

Depois da definição dos conhecimentos esperados que os estudantes poderão adquirir, a disciplina será planejada baseada nas competências e nas aplicações com as disciplinas de projeto arquitetônico e instalações prediais, relacionando aos requisitos exigidos nas normas e na compreensão de como esses dados podem tornar os ambientes mais saudáveis e gerar qualidade para o usuário.

8 CONCLUSÕES

A complexidade compreendida pela literatura apresentou várias vertentes relacionadas ao procedimento de realização de uma ACV, a saber: acesso de dados; ausência de informação; regras de corte; experiência de quem realiza, projeto integrado; análise de resultados; estágios avançados projetuais; entre outros. Essa complexidade de realização também se imprimiu no desenvolvimento do Projeto Piloto.

De modo geral, esta pesquisa tem por entendimento que o arquiteto-urbanista assume um papel importante referente à sustentabilidade. Além da educação profissional e da transformação da sociedade, o papel do curso de Arquitetura e Urbanismo também é o de despertar para a responsabilidade ambiental, assim como para a social, ética e para o pensamento crítico.

Diante dos desafios ambientais emergentes, o projeto arquitetônico assume responsabilidades, afinal, a arquitetura corresponde à intervenção humana no meio ambiente e, ao mesmo tempo em que o projeto tem a capacidade de construir, tem a capacidade de destruir.

A partir dessa conscientização ambiental, a busca pela revisão da literatura voltou-se para a análise de como as disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo são conduzidas e como os conhecimentos são transmitidos ou aplicados, além das referências teóricas, tal fato foi comprovado através da percepção com a análise de 6 (seis) IES do Paraná.

A partir dos levantamentos, foi possível verificar que a noção de sustentabilidade está inserida nos Projetos Pedagógicos de Curso e nas Matrizes Curriculares, no entanto, está constituída sob uma condução tímida e isolada diante da complexidade do tema da sustentabilidade.

Dessa forma, foi perceptível a lacuna de conhecimento em relação à Arquitetura Sustentável segregada em disciplina única de Estudos Ambientais, como apresentado na IES B.

De fato, apenas uma disciplina não seria o suficiente para que o acadêmico desenvolva habilidades para a realização de projetos mais sustentáveis, ou de forma **interdisciplinar** pontualmente através, dos projetos integradores apresentados pelas IES A e B.

Ao analisar o PPC e os planos de ensino da IES A, o Projeto Arquitetônico 1 tem no seu conteúdo programático a sustentabilidade, a Eco Arquitetura. Nos demais anos, não há uma relação do Projeto Arquitetônico com diretrizes de sustentabilidade. Existindo uma grande lacuna de aplicação de estratégias ambientais no processo projetual arquitetônico preliminar.

Os acadêmicos, no primeiro ano, estão pouco amadurecidos sobre as conceituações e aplicações que envolvem a sustentabilidade e do processo projetual arquitetônico. De acordo com o que foi apresentado nas disciplinas anteriores descritas no Capítulo 6, Ciência e Tecnologia dos Materiais; Tecnologia Construtiva III; Instalações Prediais e o TFG, esses conhecimentos são somatórios, sequenciais, cíclicos e exponenciais, portanto, necessitam de aplicações direcionadas de acordo com a disciplina ministrada.

Nesta análise, a problemática desta tese se inclinou sobre as deficiências no processo de formação quanto às questões relativas à sustentabilidade, a partir da complexidade, chegou-se à conclusão que é necessário a transversalidade de conteúdo a partir da transdisciplinaridade.

A pluralidade de olhares, compreensões e percepções relativa ao conceito de transdisciplinaridade traz a importância dos educadores para aplicarem uma visão voltada para a realidade.

A educação evoca como ação transformadora da vida, capaz de oferecer respostas aos desafios socioculturais e ambientais tão urgentes e necessários ao mundo em que vivemos. A fim de questionar os padrões de conduta relacionados ao processo e desenvolvimento projetual arquitetônico.

Como resposta à discussão, no curso de Arquitetura e Urbanismo não há margem para dúvida de que é sobre as emergências mundiais em busca de um restabelecimento do planeta e que precisamos formar e preparar o futuro profissional para a Eco Arquitetura, que projetam edifícios passivos e eficientes.

A proposta de ensino transdisciplinar pressupõe uma nova estrutura organizacional, repensar os procedimentos pedagógicos e metodológicos incluindo os espaços, conteúdo e principalmente a mudança de papéis entre docentes e discentes compatíveis com os avanços sociais, rompendo a fragmentação do conhecimento. Unindo e articulando a transversalidade com a transdisciplinaridade.

Assim, diante da complexidade encontrada no Projeto Piloto mapeou-se as possibilidades de inserção de conteúdo fracionado em disciplinas isoladas, mas que

em conjunto, o acadêmico compreenderia o ciclo completo de uma ACV e a compreensão em conjunto nesta tese foi analisado em dois Trabalhos Finais de Graduação.

Cada disciplina foi analisada de acordo com a literatura e propostas de melhoria foram sugeridas. Esses conceitos de sustentabilidade devem ser frisados e a cada novo processo projetual o estudante será capaz de inserir novos conceitos e novas aplicações aprendidos em cada uma das disciplinas, de maneira gradual, adicional e transdisciplinar.

Dessa forma, a condução das disciplinas se inspirou na norma europeia EN15804 e, como sistematização dessa condução metodológica para aplicação em sala de aula, foi desenvolvido um *roadmap* contendo as estratégias sucessivas e complementares de cada disciplina.

A partir das competências, habilidades e atitudes esperadas relacionou-as com as estratégias didático-pedagógicas elencando as atribuições dos estudantes e do docente.

Nesse percurso de aplicação de disciplinas, admite-se que a preparação profissional de um arquiteto-urbanista capacitado para inserção de diretrizes ambientais nas fases iniciais dos projetos arquitetônicos é beneficiada quando o acadêmico, desde o início da graduação, tem as competências desenvolvidas em um contexto transdisciplinar.

A proposta de organização dos conteúdos em disciplinas conseguiu alcançar o objetivo: A partir dos conceitos da Análise do Ciclo de Vida, desenvolver estratégias no ensino em diferentes disciplinas, de forma transdisciplinar a partir de um *roadmap*, para que os estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo apliquem os conceitos de sustentabilidade nas fases iniciais do projeto arquitetônico.

Ao mesmo tempo, para uma melhor integração transdisciplinar, nessa conduta do *roadmap*, a inclusão das disciplinas de Conforto Ambiental e Projeto Arquitetônico teriam uma abordagem mais complementar.

A realização da Análise do Ciclo de Vida (ACV) em conjunto com o modelo da Informação da Construção (BIM) foi o ponto de partida para esta tese. A pesquisa teórica inicial buscou a compreensão de como realizar uma ACV a partir do uso de *softwares* na fase inicial projetual.

Com a experiência relatada do TFG A, ao utilizar o BIM na fase inicial projetual com um *template*, contendo todas as informações necessárias para gerar uma ACV,

o processo foi facilitado, necessitando apenas de alguns ajustes como dados relacionados às distâncias percorridas pelos transportes de materiais.

Assim, um acadêmico com domínio básico do *software* é capaz de gerar relatórios de impactos ambientais e decidir quais escolhas serão de fato executadas em um projeto real.

Ao docente cabe a habilidade e o domínio de *softwares* apenas como tutor. Da mesma forma, como relatado no TFG B, a possibilidade de utilização de um *template* do *Open Studio*, permitiu a realização de análises termo energéticas.

Nesta metodologia de aprendizado, o desempenho ambiental não é mais tratado como uma ação corretiva e com limitações restritas de alterações de projeto, as questões ambientais e de eficiência fazem parte das soluções projetuais, nas etapas iniciais, incorporadas à forma arquitetônica.

Com o acúmulo de experiências desenvolvidas seriadas, em disciplinas isoladas e complementares, o acadêmico foi capaz de inserir os conceitos de ACV mais próximos do que as normas brasileiras exigem e mais próximos dos objetivos de bons desempenhos ambientais e termo energético, analisando os materiais e processos construtivos.

Permitindo que em outras experiências com o Projeto Arquitetônico possam atender a Norma NBR 15575 em todas as simulações exigidas. Sabendo-se que a fase de uso do edifício possui impactos ambientais bastante significativos como observados na Matriz Energética Brasileira de 2021.

Ao trabalhar com *templates* com dados ambientais relacionados à complexidade do conhecimento do acadêmico, tanto do porte do edifício desenvolvido na disciplina de Projeto Arquitetônico, tanto ao acúmulo de conhecimentos adquiridos nas disciplinas de maneira horizontal e vertical relativos à sustentabilidade, facilitam a compreensão do que é desenvolver uma arquitetura voltada à ACV.

Sendo assim, o acadêmico com o conhecimento de diversas disciplinas, com a temática de sustentabilidade inserida e analisada com pontos de vistas diferentes, é capaz de aproximar o aprendizado de sala da aula às estratégias de simulação ambiental, fazendo diferença na qualidade dos espaços para o futuro usuário dos edifícios e com benefícios ambientais.

Dentro do processo de TFG, a partir das análises ambientais, apoiada pela inserção do BIM com ponto de partida e influência em todas as etapas progressivas

de desenvolvimento projetual e das informações sobre o impacto dos materiais, adquiriu-se novas possibilidades projetuais arquitetônicas nos estágios iniciais.

Sendo assim, esta tese afirma que sim, que é possível a geração de relatórios ambientais nos estágios iniciais, mesmo com acadêmicos com poucos domínios em *softwares*, com um planejamento antecipado de estratégias didáticas no desenvolvimento de *templates* pelo docente, para que o acadêmico possua uma bagagem conceitual e transdisciplinar da importância de se projetar com sustentabilidade e com consciência ambiental.

Como resultado, percebeu-se que, o acúmulo de experiências desenvolvidas seriadas, com disciplinas voltadas para competências em um contexto transdisciplinar, capacitou o acadêmico a inserir os conceitos de ACV na fase projetual inicial, com uma melhor compreensão sobre os materiais construtivos e seus reais impactos, sobre a tecnologia construtiva e os materiais necessários, sobre o processo de execução aliado à gestão projetual, enfim, uma compreensão holística para projetos mais sustentáveis.

Essa abordagem se aplica à realidade profissional e às exigências internacionais estabelecidas como a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.

Tal atitude dos acadêmicos é capaz de colaborar com as ações em três dimensões: na dimensão ambiental com a **preservação e conservação do meio ambiente**, na dimensão econômica propondo opções de materiais e tecnologias construtivas reduzindo o **esgotamento dos recursos naturais** e na dimensão social, a partir de edifícios sustentáveis e saudáveis a partir de estratégias bioclimáticas com desenvolvimento projetual pautado nas normas brasileiras de desempenho, como exemplo a NBR 15575.

Garantindo a **qualidade de vida** dos usuários, além dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que faz referência à cooperação para que os objetivos globais sejam alcançados. Entre eles, o que se refere diretamente às metodologias abordadas em disciplinas é o ODS 6 **gestão sustentável da água**.

Esse processo metodológico holístico de aprendizagem com competências inseridas, tanto dos acadêmicos como dos docentes, implica em uma ruptura do atual ensino tradicional em cursos de Arquitetura e Urbanismo, inserindo a experiência colaborativa transdisciplinar como forma de habilitar os acadêmicos à consciência ambiental, sendo, portanto, inovador.

REFERÊNCIAS

ABEA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ARQUITETURA. **Unesco/UIA** carta para a educação dos arquitetos. 2011. Disponível em: <http://www.abea.org.br/?page_id=304>.

AIA, *American Institute of Architects. A Guide to Life Cycle Assessment of Buildings. Washington, United States of American.* 2010. Disponível em: <https://www.brikbases.org/sites/default/files/aiab082942.pdf>

ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção.** Livro impresso. São Paulo, Brasil, 2010.

ALMEIDA, Rebecca Gissoni; BESSA, William Oliveira. **Estudos sobre Análise do Ciclo de Vida e sua aplicação para concreto estrutural.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC, 2015.

ÁLVAREZ, Santiago P.; LEE, Kyungsun; PARK, Jiyoun; RIEH, Sun-Young. *A comparative study on sustainability in architectural education in Asia—With a focus on professional degree curricula.* **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 290, 2016.

ANDRADE, Rogério Pontes. **Matrizes tectônicas da Arquitetura Moderna Brasileira 1940 – 1960.** Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 2016.

ANDRADE, Amanda Coffi; NERBAS, Patrícia. Educação para a sustentabilidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2, p. 5-17, 2014.

ANDRETTA, Thayza. **Projeto de arquitetura sustentável para varejo: uma investigação sobre os elementos da experiência do usuário.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2017.

ANTÓN, L. Á.; DÍAZ, J. **Integration of life cycle assessment in a BIM environment.** *Procedia Engineering*, 85, 26–32, 2014.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.525>

ARAÚJO, Ulisses F. **Temas transversais, pedagogia de projetos e mudanças na educação: Práticas e reflexões.** Summus Editorial, 2014.

ARAUJO, A.; CRIPPA, J.; UEHARA, L.; LOPES, T; SCHEER, S. **Interoperabilidade de ferramentas BIM e avaliação do ciclo de vida de edificações.** 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 2017.

AsBEA. Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Guia sustentabilidade na arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes / Grupo de Trabalho de Sustentabilidade.** São Paulo: Prata Design, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575**: edifícios residenciais: desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR TR 15.575-1-1**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1-1: Base-padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 1404:2009**. versão corrigida 2014. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14020:2002**: rótulos e declarações ambientais: princípios gerais. Rio de Janeiro, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14044:2009**, versão corrigida 2014. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações

AVEZUM, André Luís . **Arquitetura ecológica e tecnologia no século XX: base para o projeto arquitetônico sustentável**. Universidade de São Paulo, 2007.

AZEVEDO, Nathalia Cardoso de. **Avaliação do ciclo de vida energético e de CO₂ através da modelagem da informação da construção (BIM) e simulação termo energética de uma habitação unifamiliar em wood frame**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná. 2019.

BAIOCHI, Arthur Gusson. **Análise de incertezas de parâmetro de processos críticos em avaliação do ciclo de vida de edificações completas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2019.

BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BALA, Havva Alkan. *Sustainability in the Architectural Design Studio: A Case Study of Designing On-Campus Academic Staff Housing in Konya and Izmir, Turkey*. *International Journal of Art & Design Education*, v. 29, n. 3, p. 330-348, 2010.

BAMB, **Buildings as material banks**. *Testing BAMB results through prototyping and pilot projects. D-14 – 4 pilots built + feedback report*. 2019. Acesso em 20 de março de 2019:

<https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/03/20190228-BAMB-D14.pdf>

BAMB, **Buildings as material banks**. *D12 Feasibility report + feedback report. Testing BAMB results through prototyping and Pilot Projects*. 2017. Acesso em 20 de março de 2019.

BARROS, Ana Dorys Muñoz. **A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: Motivações, benefícios e dificuldades.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2012.

BARROS, N. N.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G. da. **Impacto da adoção de BIM na avaliação de energia incorporada do Ciclo De Vida De Edificações.** IV Simpósio Brasileiro De Qualidade Do Projeto No Ambiente Construído, 2015.

BARROS, Natalia Nakamura. **Impactos da adoção de BIM na avaliação de energia e emissões de GHG incorporadas no ciclo de vida de edificações.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2016.

BARROS, N. N.; SILVA, V. G.; RUSCHEL, R. C. **Impactos da adoção de BIM na avaliação de energia e emissões de GHG incorporadas no ciclo de vida de edificações.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16., 2016, São Paulo, p. 1910–1920. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/6027>

BENKARI, Naima. *The “sustainability” paradigm in architectural education in UAE.* **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 102, p. 601-610, 2013.

BENTO, Ricardo Couceiro. **Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

BERRIEL, Andréa. **Arquitetura de Madeira: reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos.** Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2009.

BIER, Eduardo Rodrigo. **Avaliação ambiental de sistemas de vedação interna de blocos cerâmicos e de concreto mediante ACV.** 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina.

BIMForum. **Level of development specification guide.** 2017

BISSOLI, Márcia; ALVAREZ, CE de. **A inserção dos conceitos de sustentabilidade no ensino de arquitetura: experiências na Universidade Federal do Espírito Santo.** Encontro Latino-Americano de Universidade Sustentáveis: Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios, v. 1, p. 1-10, 2008.

BOARIN, Paola; MARTINEZ-MOLINA, Antonio; JUAN-FERRUSES, Ignacio. *Understanding students’ perception of sustainability in architecture education: A comparison among universities in three different continents.* **Journal of Cleaner Production**, v. 248, p. 119237, 2020.

BOARIN, Paola; MARTINEZ-MOLINA, Antonio. *Integration of environmental sustainability considerations within architectural programmes in higher education: A review of teaching and implementation approaches.* **Journal of Cleaner Production**, p. 130989, 2022.

BOGO, Amilcar J. **O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à arquitetura e urbanismo como parâmetro da qualidade do ambiente construído.** Modernidade e sustentabilidade-encontro nacional de tecnologia do ambiente construído-ENTAC, v. 8, p. 115-122, 2000.

BORDEN, I. **Sustainability and Architectural Design. Palatte, Sumer, 2009.**

BORGES, Juliana Gonçalves; CALDAS B.; PAULSE, C.; HORA, D.; CARVALHO, C.; **Uso do BIM no processo de quantificação de emissões de CO₂ no projeto de edificações: estudo de caso para o software DesignBuilder.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 14 - nº 1. 2018.

BRANDLI, Luciana Londero; FRANDOLOSO, M. A. L.; FRAGA, K. T.; VIEIRA, L. C.; PEREIRA, L. A. Avaliação da presença da sustentabilidade ambiental no ensino dos cursos de graduação da Universidade de Passo Fundo. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 17, n. 2, p. 433-454, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006.

Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&Itemid=30192>.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.378, de 31 de dezembro de 2010.** Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - **CAU/BR** e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria: nº 18 de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R).** Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRUGNERA, Rosilene Regolão. **Análise integrada de desempenho energético, impacto ambiental e custo: estudo de soluções de fachada para edifícios de escritórios no Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2018.

BRZEZICKI, Marcin; JASIOLEK, Agata. *A Survey-Based Study of Students' Expectations vs. Experience of Sustainability Issues in Architectural Education at Wroclaw University of Science and Technology, Poland.* **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10960, 2021.

BUENO, Cristiane. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2010.

BUENO, Cristiane. **Avaliação do Ciclo de Vida na Construção Civil: Análise de sensibilidade**. Tese de doutorado. São Carlos, 2014.

BUENO, C.; FABRICIO, M. M. Aplicação da modelagem de informação da construção (BIM) para a realização de estudos de avaliação de ciclo de vida de edifícios. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 23, n. 40, p. 96-121, 2016.

BUENO, C.; FABRICIO, M. M. *Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in*. **Automation in Construction**, v. 90, n. February, p. 188–200, 2018.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A.; FIORELLI, J.; SAVASTANO, H. **Avaliação de Desempenho Ambiental de Edificações Habitacionais: Apresentação de Metodologia para Análise Comparativa de Sistemas de Certificação no Contexto Brasileiro**. In: IV Encontro Latino-americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS, v.1. p. 1-10. Vitória, 2011.

BURNIER, S. Pedagogia das competências: conteúdos e métodos. **Boletim Técnico do Senac**, 27(3), 48-60, 2001.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. “**Cadernos CAIXA: Projeto – padrão - casas populares**”, Vitória, Brasil, 2006.

CALDAS, Renata Maria Vieira. **O alcance das noções de sustentabilidade no processo de projeto de arquitetos brasileiros contemporâneos**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019

CALDAS, Lucas Rosse. **Avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ de uma edificação habitacional unifamiliar de *light steel framing***. Dissertação (mestrado) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2016.

CALDAS, L. R. et al. **Diagnóstico da Produção Científica Relacionada à Aplicação do BIM à Metodologia de Avaliação do Ciclo De Vida (ACV)**. In: *Ibero-latin american congress on computational methods in engineering*. 2015

CAMPOS, Cláudio de. **Avaliação de desempenho ambiental em projetos: procedimentos e ferramentas**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, 2007.

CANDIDO, Stella de Oliveira. **Entre o Discurso e a Prática: o mi(n)to da arquitetura sustentável**. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Avaliação do Espaço Construído) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CARDOSO, Poliana Figueira. **Sistemas de certificação ambiental de edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da avaliação do ciclo de vida.** Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, 2015.

CASTRO, Thais Hessab Moreira. **Os bioplásticos: impactos ambientais e perspectivas de mercado.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019.

CAVALCANTE, Flávia Castro Temóteo. **Três proposições sobre arquitetura inteligente no contexto sustentável.** Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CEBRIÁN, M.; ACCINO, J. A.; RAPOSO, M. **Formative evaluation tools within European Space of Higher Education (ESHE): e-Portfolio and e-rubric.** In: *EUNIS conference*, Grenoble, França: junho, 2007.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto. **Metodologia científica.** Pearson Universidades; 2007.

CHAVES, André Luiz de Oliveira. **Sustentabilidade na arquitetura e o estudo dos compostos orgânicos voláteis emitidos por componentes vinílicos em habitações.** Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

CIB, *Conseil International du Bâtiment*. **Agenda 21 on sustainable construction.** CIB Report Publication 237. Netherlands, 1999. 120 p. ISBN 90-6363-015-8

COLE, R. J.; LARSSON, N. **Green Building Challenge 2002: GBTool User Manual.** 2002.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos.** Editora Revan. 2ª edição. 2003.

CORDEIRO JÚNIOR, Carlos Roberto; SILVA, Wendna Cristina Rocha; SOARES, Paulo de Tarso Machado Leite. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**, v. 2, n. 4, p. 79-93, 2017.

COSTA LIMA, H. **Tectônica é uma disciplina, uma área ou uma abordagem da arquitetura?** In: ENANPARQ, II, 2012. Natal. Anais...Natal: PPGAU, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012

COSTA LIMA, Hélio. **Escola Tectônica, Escola Estilística e Ensino de Arquitetura: Limites e Possibilidades de uma Abordagem Tectônica no Ensino de Projeto.** III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva São Paulo, 2014

CRIPPA, Julianna. **Integração BIM-ACV como apoio à tomada de decisão na fase de concepção de projeto.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, 2019.

CURY, Graziela; TOMAZELLO FILHO, M. Descrição anatômica de espécies de madeira utilizadas na construção civil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 227-236, 2011.

DALBELO, Thalita dos Santos. **Por uma indústria mais sustentável: da ecologia à arquitetura**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2012.

DOURADO, Brenda Milhomem. **Sobre o ensino da sustentabilidade ambiental nos cursos de arquitetura e urbanismo: avaliação e subsídios**. Dissertação (mestrado) Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2015.

DURAND, Thomas. *The alchemy of competence. Strategic Flexibility*, New York: **Wiley**, p. 303-30, 1999.

DURMISEVIC, Elma. **Circular Economy in Construction: Design Strategies for Reversible Buildings**. Holanda, 2019.

DUPUIS, M. et al. *Method to Enable LCA Analysis through Each Level of Development of a BIM Model*. **Procedia Engineering**, v. 196, n. June, p. 857–863, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817331375>

DZIURA, Giselle; DO CARMO, Gilson Werneck **Diretrizes da arquitetura bioclimática**. Editora: Contentus. Curitiba, 2020.

EASTMAN, Chuck, et al. **Manual de BIM** (recurso eletrônico: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EPA, *Environmental Protection Agency*. **Sustainable Building Technical Manual. Green Building Design, Construction and Operations**. Produced by Public Technology Inc. US, Green Building Council. USA, 1996. 292 p.

FERRARI, Dalva Olivia Azambuja; FONSECA, Glaucia Augusto. **Observando e descobrindo soluções de sustentabilidade através do desenho**. In: VII Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines (Facultad de Arquitectura y Urbanismo UNLP, 4 y 5 de octubre de 2018). 2018.

FERRO, Karine da Silva. **Abordagem sustentável na arquitetura do ponto de venda comercial**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

FIGUEIREDO, Camilla Furtado de. **Aplicação da avaliação do ciclo de vida como critério de seleção para materiais utilizados em construções sustentáveis**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, 2017.

FINKIELSZTEJN, Beatriz. **Sistemas modulares têxteis como aproveitamento de fibras naturais: uma alternativa sustentável em arquitetura & design.** PPG em Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

FIORI, Simone. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água em edificações através da ASCV.** Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014

FORNACIARI, Rhaina. **Ferramenta de avaliação da sustentabilidade para reabilitação de edifícios multifamiliares brasileiros.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV), **Referencial Técnico de Certificação: Edifícios do Setor de Serviços - Processo AQUA.**

GAULMYN, Camille de; DUPRE, Karine. *Teaching sustainable design in architecture education: Critical review of Easy Approach for Sustainable and Environmental Design (EASED).* **Frontiers of Architectural Research**, v. 8, n. 2, p. 238-260, 2019.

GERHARDT, T. E. e SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, V.; BARROS, N. N. Contribuição da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. **v. 13, n. 2, p. 19–34**, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/142139/140206/>.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus. **Edifício Ambiental.** Oficina de textos. 2015.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente construído**, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.

GRAFF, Paula Adjuto Martins; GOES, Thiago Montenegro. **Análise da demanda do estudo em sustentabilidade e o impacto na vida de profissionais pós REABILITA.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo | Paranoá 30 Edição Temática: Olhares da Reabilitação Sustentável, 2021.

GRAF, Helena Fernanda; MARCOS, M. H. C; TAVARES, S. F.; SCHEER, S. **Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO₂ incorporado.** XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2012), Juiz de Fora, 2012.

GROVER, Robert; EMMITT, Stephen; COPPING, Alex. *Reflecting on sustainability: coproducing a critical framework for sustainable design in the architectural studio.* **Higher Education Pedagogies**, v. 4, n. 1, p. 41-63, 2019.

GUEDES, Vania Lisboa da Silveira. A bibliometria e a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico: uma revisão da literatura. **ponto de Acesso**, v. 6, n. 2, p. 74-109, 2012.

GUIMARÃES, Gabriela Dias. **Incertezas de cenário no inventário de avaliação de ciclo de vida de edificações**. 2018. 1 recurso online (122 p.). Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

GÜREL, Meltem Ö. *Explorations in teaching sustainable design: A studio experience in interior design/architecture*. **International Journal of Art & Design Education**, v. 29, n. 2, p. 184-199, 2010.

HARDIN, Rebecca et al. *Towards a revolution in sustainability education: Vision, architecture, and assessment in a case-based approach*. **World Development Perspectives**, v. 1, p. 58-63, 2016.

HASSANPOUR, Badiosadat; ALPAR ATUN, Resmiye; GHADERI, Soheil. *From words to action: Incorporation of sustainability in architectural education*. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1790, 2017.

HERNÁNDEZ, María C. M., GONZÁLEZ, Ismary F., LORENZO, Juan A. M. *Professional pedagogical competences of the graduate in education, economics. Didactic Strategy from the Political Economy*. **Rev. Mendive vol. 19 n. 3 Pinar del Río Jul.-set. 2021 Epub 02-Sep-2021**

HERRERA-LIMONES, Rafael et al. *Student competitions as a learning method with a sustainable focus in higher education: The University of Seville “Aura Projects” in the “Solar Decathlon 2019”*. **Sustainability**, v. 12, n. 4, p. 1634, 2020

INVIDIATA, Andrea. **Método de avaliação multicritério de projeto de edificações mais sustentáveis**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

ISMAIL, Muhammad Azzam; KEUMALA, Nila; DABDOOB, Rawia Marwan. *Review on integrating sustainability knowledge into architectural education: Practice in the UK and the USA*. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1542-1552, 2017.

ISOLDI, Rosilaine André. **Tradição, inovação e sustentabilidade: desafios e perspectivas do projeto sustentável em arquitetura e construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007.

ISO/TS 14027:2017. *Environmental labels and declarations — Development of product category rules*.

JALEI, F.; JRADE, A. *An automated BIM model to conceptually design, analyze, simulate, and assess sustainable building projects*. Hindawi Publishing Corporation **Journal of Construction Engineering**, Ottawa, Canada, 2014.

JOHN, V. M., REIS, D. C., GOMES, B. M., SONVEZZO, C. S., OLIVEIRA, L. S., ... PACCA, S. A. Proposta de método prático para avaliar o desempenho ambiental no ciclo de vida da construção. **Revista CONCRETO & Construções**, Ed. 100, pág 48 – 56, Out– Dez, 2020.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. São Paulo: ProLivros, 2014.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Cláudia D.; BATISTA, Juliana O. **CASA EFICIENTE: Consumo e Geração de Energia** (vol 2). Florianópolis: UFSC/ LabEEE; 2010.

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II_WEB.pdf

LAMBETS, Roberto. **Diretrizes de projeto para eficiência energética em edificações**. CBCS Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. <http://www.cbcs.org.br/> acesso em 01/03/2022.

LEITE, Maria Amélia Devitte Ferreira D'Azevedo. **A aprendizagem tecnológica do arquiteto**. Tese (Doutorado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) - FAUUSP. 2005

LIMA, Mayara Christy Tavares de; GEORGES, Marcos Ricardo Rosa; MERLIN, José Roberto. A Sustentabilidade no Ensino da Arquitetura e do Urbanismo: uma pesquisa exploratória na Região Metropolitana de Campinas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 64, 2020.

LORENZI, Gisele M. A. C. **Pesquisa-ação: pesquisar, refletir, agir e transformar**. Curitiba, InterSaberes, 2021.

MACHADO, F. A.; SIMÕES, C. C.; MOREIRA, L. C. S. **Potencialidade da integração do BIM ao método de Avaliação do Ciclo de Vida das edificações**. In: 9º Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção, 9.; Encontro latino-americano de gestão e economia da construção, 6., 2017, São Carlos. Anais... São Carlos. p. 527-535.

MACHADO, F. A.; MOREIRA, L. C. O uso de ferramentas BIM na otimização do método de avaliação do ciclo de vida da edificação. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 2, n. 2, p. 275-287, 2015.

MAIDEL, Bruna. **Avaliação do ciclo de vida de edificações verticais: estudo comparativo entre CLT (Cross-Laminated Timber), e alvenarias convencionais a partir do projeto em BIM**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, 2020.

MARCOS, M. H. C.; YOSHIOKA, E. Y. **Uso De Ferramenta Bim Para Auxiliar Na Escolha Do Sistema Construtivo Que Gera Menor Impacto Ambiental**. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - Edificações, Infraestrutura e Cidade: Do BIM ao CIM, v. 2, n. 2, p. 746–756, 2015.

MARCOS M. H. C.; TAVARES, S. F. **Análise de impactos ambientais, na fase pré-operacional da edificação, em habitações de interesse social, utilizando ferramenta CAD BIM.** Encontro latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis. ELECS CURITIBA – PR, 2013.

MARTÍNEZ-VENTURA, Jordi et al. *A tool to assess architectural education from the sustainable development perspective and the students' viewpoint.* **Sustainability**, v. 13, n. 17, p. 9596, 2021.

MARQUES, Aline Calazans. **A Análise Ambiental em Diálogo com a Ferramenta BIM. Tese** (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

MARQUES, H.R.; MANFROI, J.; CASTILHO, M.A.; NOAL, M.L. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico.** Campo Grande: UCDB. 2006.

MASS, BH; SCHEER, S.; TAVARES, S. **O uso do BIM para projeto sustentável.** XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). São Paulo, 2016.

Matriz Energética Nacional EPE, 2017. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

MAVROMATIDIS, Lazaros. *Coupling architectural synthesis to applied thermal engineering, constructal thermodynamics and fractal analysis: An original pedagogic method to incorporate “sustainability” into architectural education during the initial conceptual stages.* **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 689-707, 2018 APA

MELLO, Cleyson de Moraes; ALMEIDA NETO, Jose Rogerio Moura de; PETRILLO, Regina Pentagna. **Ensino por competências: eficiência no processo de ensino e aprendizagem - da teoria à prática** - 1ªed. Freitas Bastos, 2019.

MENDES, Nathalia Monique Mesquita; AMORIM, Claudia Naves David. **Projeto ambiental integrado: uma experiência didática.** In: IN: III CIM Congresso de inovação e metodologias no ensino superior. 2017

MENDONCA, Luiza de Sousa Ferreira de; AGUIAR, Natália Morais Corrêa Borges de; DOPCKE, Rosa Neira. Sistema de Ensino Naval: uma experiência na prática do ensino por competências. **Revista Meta: Avaliação**, v. 10, n. 30, p. 638-660, 2018.
MOE, Kiel. *Compelling yet unreliable theories of sustainability.* **Journal of Architectural Education**, v. 60, n. 4, p. 24-30, 2007.

MORÁN, Aina M. I., GÓMEZ, Lysbeth K. Á., VILLANUEVA, Lisenia K. B., INTRIAGO, Danilo A. V. *Estrategias pedagógicas en el desarrollo de competencias académicas en docentes universitarios.* **Conrado**, v. 17, n. 81, p. 196-202, 2021.

MOREIRA, Fernando Diniz; SANTOS, Jéssica Mota. A abordagem tectônica no ensino de projeto. **Revista Projetar-Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 20-35, 2019.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. ***Cradle to cradle: remaking the way we make thinks***. China: Melcher Media. 2002.

MARINOSKI, Ana Kelly et al. **Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MATTARAIA, Letícia França. **Arquitetura e sustentabilidade: considerações sobre o desmonte das edificações**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MEDEIROS, Renato. **Ensino de Arquitetura, o conteúdo tecnológico e a contribuição da abordagem tectônica para o ensino de projeto**. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva São Paulo, 2014.

MONTEIRO, A. M. R. G.; PINA, S. A. M. G.; PAIVA, V. T. **Desafios para a formação dos arquitetos e urbanistas na construção de cidades sustentáveis**. In: SIMPÓSIO BRASIL-ALEMANHA (Deutsch-Brasilianisches Symposium), 4., 2009, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 2009.

MORAGA, Gustavo Longaray. **Avaliação do Ciclo de Vida e simulação termoenergética em unidade habitacional unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

MORALES, Michele Ferreira Dias. **Incertezas relacionadas à modelagem da previsão da vida útil em estudos de ACV de edificações**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MORAES, Maria Cândida. **Transdisciplinaridade, criatividade e educação: fundamentos ontológicos e epistemológicos**. Papyrus Editora, 2018.

MORESI, Eduardo et al. Metodologia da pesquisa. **Brasília: Universidade Católica de Brasília**, v. 108, n. 24, p. 5, 2003.

NAJJAR, M. et al. *Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of Building materials at an early stage of designing a typical office building*. **Journal of Building Engineering**, v. 14, p. 115–126, 2017.

NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. Trad. Lúcia Pereira de Souza. São Paulo: Trion. 1999.

NIKEZIĆ, Ana; MARKOVIĆ, Dragan. *Place-based education in the architectural design studio: Agrarian landscape as a resource for sustainable urban lifestyle*. **Sustainability**, v. 7, n. 7, p. 9711-9733, 2015.

NÚÑEZ-ANDRÉS, M. Amparo et al. *The impact of peer learning on student performance in an architectural sustainability course. International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2021.

OLIVEIRA, Flávia Ruschi Mendes de. **Integração de indicadores de desempenho técnico-funcional, ambiental e econômico de sistemas estruturais verticais em concreto**. 193 p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2013.

OLIVEIRA, Vanderli Fava et al. **Trajatória e estado da arte da formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia**. volume I: Engenharias. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010.

OLIVEIRA, E. de; SCHEER, S.; TAVARES, S. F. **Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a modelagem da informação da construção**. VII Encontro de Tecnologia e Comunicação na Construção. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 2, n. 2, p. 179-191, TIC 2015.

OLWENY, Mark. *Introducing sustainability into an architectural curriculum in East Africa. International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2018.

OUTTES, Joel Gusmão. Como deve ser o ensino de sustentabilidade nas faculdades de arquitetura e urbanismo? reflexões sobre uma experiência docente. **Cadernos ABEA. Balneário Camboriú, SC: ABEA, 2014**, 2014.

PEREIRA, Cristiane Martins Baltar. **Arquitetura neovernacular em Curitiba: prospecção de suas contribuições para a sustentabilidade em três estudos de caso**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2012.

PERGHER, RD; FREITAS, M. **Rede de colaboração em educação para engenheiro e arquiteto– disseminação de pesquisa sobre sustentabilidade**. In: XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e II Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, 2019, Fortaleza. Anais. Fortaleza, 2019.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Artmed Porto Alegre, 2000.

PINHA, Amanda Puchille. **Integração entre BIM e BPS: desafios na avaliação de desempenho ambiental na era do projeto e processos digitais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2017.

PINTO, Danilo Pereira; BRAGA, Henrique AC; DA SILVA JÚNIOR, Janízaro P. A disciplina eficiência energética: Características e metodologia de ensino-aprendizagem. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 26, n. 1, 2008

PINTO, Carolina Ferreira. **Em busca de uma arquitetura sustentável: o uso de fontes alternativas de energia**. Escola de Engenharia de São Carlos, 2009.

POSTELL, Jim; GESIMONDO, Nancy. **Materiality and interior construction**. John Wiley & Sons, 2011.

PROCEL. 2022. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>

PULGROSSI, Lizzie Monique. **Influência das regras de corte nos resultados da avaliação do ciclo de vida de edificações completas**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2020.

PULGROSSI, Lizzie Monique; DA SILVA, Vanessa Gomes. Influência de regras de corte de inventário nos resultados de ACV de edificações. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. e020026-e020026, 2020.

RAHAL, Marina Silva. **O conforto térmico nas residências de Rino Levi**. Dissertação (Mestrado) São Carlos, 2006.

REIS, Anna Julia Senno Bringhenti; RUBANO, Lizete Maria. A dimensão da sustentabilidade no ensino de projeto de arquitetura e urbanismo: estudo de caso FAU Mackenzie. In: **XVI Jornada de Iniciação Científica e X Mostra de Iniciação Tecnológica-2020**. 2021.

REGO, Renato Leão. **A palavra arquitetônica**. Editora Arte e Ciência, 1999.

RIEH, Sun-Young et al. *Integration of sustainability into architectural education at accredited Korean universities*. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1121, 2017.

RINKEVICIUS, Raísa Machado; MORALES, Michele Ferreira Dias; TERIBELE, Alessandra. Uso do aplicativo *Tally* na avaliação do ciclo de vida de edifícios: estudo de caso com uma edificação multifamiliar brasileira. **PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 5, n. 17, 2021.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse a casa ambientalmente sustentável**. 2ed, Bookman, 2006.

ROCHA, G.C. **O caráter tectônico do moderno brasileiro: Bernardes e Campelo na Paraíba (1970-1980)**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). PPGAU, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

RÖCK, M. et al. *LCA and BIM: Integrated Assessment and Visualization of Building Elements' Embodied Impacts for Design Guidance in Early Stages*. **Procedia CIRP**, v. 69, n. May, p. 218–223, 2018 a.

RÖCK, M. et al. *LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages*. **Building and Environment**, v. 140, p. 153–161, 2018 b.

RUSSI, Rômulo do Amaral. **A inserção da sustentabilidade no ensino de arquitetura e urbanismo por meio do desenvolvimento e interação de *parklets* para o convívio social.** Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2017.

SADOWSKI, Kajetan. *Implementation of the New European Bauhaus Principles as a Context for Teaching Sustainable Architecture.* **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10715, 2021.

SALAS, Juan Carlos Guillen. **Projeto e fabricação de pavilhão biomimético de forma complexa celular e responsivo com tecnologias digitais e robótica em Brasília – DF.** Tese (Doutorado) Universidade de Brasília, 2020.

SANTIAGO, Pedro. *BIM to BEM as Teaching Methodology to Support Sustainable Construction Decisions.* **Periodica Polytechnica Architecture**, v. 47, n. 2, p. 94-98, 2016.

SANTOS, R; E. NEVES; D. SILVESTRE; A. A. COSTA. **Integração de BIM com avaliação do Ciclo de Vida: Análise do estado da arte e das ferramentas disponíveis.** *Conference: CINCOS'16 At: Lisbon, Portugal*, 2016.

SANTOS, Alex Taveira dos. **Tributação e energia solar no Brasil – A extrafiscalidade no setor energético como mecanismo de indução do desenvolvimento nacional.** In: *O Direito da Energia no Contexto Ibero-Brasileiro.* Caio Cesar Torres Cavalcanti. Rio de Janeiro, 2017.

SANTOS, Akiko. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista brasileira de educação**, v. 13, n. 37, p. 71-83, 2008.

SANTOS, M.; FUJIKI, N. N., y COSTA, T. Comunicação & interdisciplinaridade: algumas notas exploratórias sobre as bases epistemológicas da área. **Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Casper Líbero.** 8(2), ISSN 2176-6231. 2016.

SARAIVA, Natália Nunes. **Guia de interação: energia solar integrada a arquitetura sustentável.** Dissertação (Mestrado Profissional Em Ciências da Cidade) Universidade de Fortaleza, 2019.

SAÚGO, Andréia. **Sustentabilidade social: requisitos para verificação em projetos de arquitetura de empreendimentos habitacionais.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2010.

SAÚGO, Andréia; FERNANDES, Leandro Carlos. Ensino e extensão: relato de uma experiência didática voltada para a sustentabilidade. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 2, n. 1, p. 56-66, 2013.

SCHIANO-PHAN, Rosa; GONÇALVES, Joana; VALLEJO, Juan A. *Pedagogy Pro-Design and Climate Literacy: Teaching Methods and Research Approaches for Sustainable Architecture*. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6791, 2022.

SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias. Rumo à economia circular: sinergia existente entre as definições conceituais correlatas e apropriação para a literatura brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 18, n. 1, p. 35-62, 2019.

SEREJO, Cláudia Ferreira de Queiroz. **Natureza morta...edifício com vida: uma arquitetura sustentável para o Serviço de Verificação de Óbitos**. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente Construído; Forma Urbana e Habitação) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SHADRAM, FARSHID; LU, WEIZHUO; OLOFSSON, T. **Assessment of the Energy**. *n. Lock 2007*, p. 342–350, 2016.

SHIN, Y. S.; CHO, K. **BIM application to select appropriate design alternative with consideration of LCA and LCCA. Mathematical Problems in Engineering**, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/281640>

SILVA, Ana Liria. **Implantação e pós-ocupação de obras residenciais em relação à sustentabilidade do ambiente urbano: uma proposta de Manual de arquitetura residencial sustentável**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

SILVA, Bruno Thiago Rego Valeriano; DE LIMA, Maryangela Geimba. Proposta de integração entre BIM e ACV utilizando composições de serviço. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 12, p. e021017-e021017, 2021.

SILVA, E. L, da; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2 ed. Revisada. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância, 2001.

SKOPEK, J.; BRYAN, H. **Green Globes: and online assessment tool for benchmarking building performance**. Canadá, 2002.

SMANIOTTO; TAVARES; FREITAS. **Presença do tema sustentabilidade nos currículos e projetos políticos pedagógicos dos cursos de arquitetura e engenharia civil**. COBENGE, 2020

SOMBRIO, Catarina Moraes de Oliveira. **ACV de painéis de blocos cerâmicos e concreto armado: um exercício de aplicação do manual do ILCD**. 2015. XVI, 138 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SOUSA, Carolina Ribas de; ABRAHÃO, Rosa Carolina; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. **Panorama dos currículos de cursos de arquitetura e engenharia civil sobre a inserção da temática sustentável**. ELECS, 2009.

SOUST-VERDAGUER, B.; LLATAS, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. *Critical review of BIM-based LCA method to buildings*. **Energy and Buildings**, v. 136, p. 110–120, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816317650>

STIELDORF, Karin. *Building physics, design, and the collaborative build: Sustainability and resilience in architectural education*. **Architectural design**, v. 88, n. 1, p. 102-109, 2018.

STUPAR, Aleksandra; MIHAJLOV, Vladimir; SIMIC, Ivan. *Towards the conceptual changes in architectural education: Adjusting to climate change*. **Sustainability**, v. 9, n. 8, p. 1355, 2017.

SUCCAR, B. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568>

TALEGHANI, Mohammad; ANSARI, Hamid Reza; JENNINGS, Philip. *Sustainability in architectural education: A comparison of Iran and Australia*. **Renewable Energy**, v. 36, n. 7, p. 2021-2025, 2011.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado) Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Sergio_Fernando_Tavares.pdf

TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. **Índices de CO₂ para materiais de construção em edificações brasileiras**. *SBE16 Brazil & Portugal: Sustainable Urban Communities Towards a Nearly Zero Impact Built Environment*, Vitória, ES, 2016. ISBN: 978-85-92631-00-0. Disponível em: https://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_2-Pag_927.pdf

TELES, Hariane Helena Ferreira da Rocha. **O ensino da sustentabilidade na formação do arquiteto e urbanista no município de JI-Paraná/RO**. Dissertação (mestrado) Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, 2018.

THUY, Vo Thin Thu. *Sustainable approaches to nature in traditional architectural space, their application in the teaching of architecture and interior design*. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2018. p. 04006.

TIMM, Janaine Fernanda Gaelzer; PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti. *Potencial de uso de declaração ambiental de produto para auxiliar em compras públicas verdes na construção civil*. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 263-276, 2021.

<https://www.youtube.com/watch?v=DbPMor02ago>

UMAKOSHI, Erica Mitie. **Avaliação de desempenho ambiental e arquitetura paramétrica generativa para o projeto do edifício alto**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, 2014.

US GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC) LEED (Leadership and Energy & Environmental Design): Green Building Rating System - Version 3, Janeiro, 2009.

VASCONCELOS, Ricardo L.; PIRRÓ, Lúcia; NUDEL, Marcelo. **A importância da inserção dos conceitos de sustentabilidade no currículo das escolas de arquitetura no Brasil para a formação das novas gerações de arquitetos**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 11, 2006.

VICENTE, Judith Soledad Yangali; TRIANA, Nubia Varón; VÁSQUEZ, Kriss Melody Calla. *Clase espejo, una estrategia de internacionalización pedagógica para fortalecer la competencia investigativa en estudiantes de universidades latinoamericanas*. **Zona próxima**, n. 35, p. 3-21, 2021. **Epub May 01, 2022**

VOTORANTIM CIMENTOS. **EPD - Environmental Product Declaration**, CP II E 40, CP III-40 RS and CP V-AR. *Registration number: S-P-00895*. 2016.

WIESE, Ricardo Socas; LINCZUK, Vinícius CC; ACCO, Larissa Nunes. Ensino e sustentabilidade aplicada à arquitetura. [ENSUS IV Encontro de Sustentabilidade em Projeto](#), 2016.

WITICOVSKI, L. C.; TAVARES, S. F. . SCHEER, S. Análise bibliométrica de artigos científicos na área de BIM (*building information modeling*) e ACV (análise do ciclo de vida). **Artigo de disciplina**.

WITICOVSKI, L. C.; TAVARES, S. F. . **Integração da modelagem da informação da construção (BIM) e a avaliação do ciclo de vida (ACV)**. In: GCV 2018: Congresso brasileiro sobre gestão do ciclo de vida: Brasília-DF 17 a 20 de junho de 2018, 2018, Brasília. Anais do VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018. p. 863-870.

WITICOVSKI, L. C.; WOSCH, L. V. J.; AZEVEDO, N. C.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. . **Avaliação do ciclo de vida de habitação residencial brasileira utilizando o software Athena Impact Estimador for Buildings**. In: 3º Congresso Luso - Brasileiro de Materiais de construção sustentáveis, Coimbra. CLBMCS, p. 112-112. 2018.

WITICOVSKI, L. C.; AZEVEDO, N. C.; WOSCH, L. V. J.; TAVARES, S. F.; FREITAS, M. C. D.; SILVA, A. C. . **Challenges of the life cycle evaluation in brazilian constructions**. In: *III Encuentro Latinoamericano y Europeo de Edificaciones y Comunidades Sostenibles*. EUROELECS., Santa Fé, Argentina. Libro de Actas, 2019.

XAVIER, Sílvia Pedroso. **A temática da sustentabilidade no ensino de graduação em arquitetura e urbanismo**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2012.

XIANG, Xingwei et al. *A Pedagogical Approach to Incorporating the Concept of Sustainability into Design-to-Physical-Construction Teaching in Introductory Architectural Design Courses: A Case Study on a Bamboo Construction Project.* **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7692, 2021.

XIE, Xiaohuan et al. *Incorporating green building into architectural education: what can we learn from the value-belief-norm theory?* **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 2021.

YANG, X. et al. *Building-information-modeling enabled life cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China.* **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 729–743, 2018.

YÜKSEK, İzzet. *The evaluation of architectural education in the scope of sustainable architecture.* **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 89, p. 496-508, 2013.

ZANDEMONIGNE, Raquel Tirello et al. *Aplicação de acessibilidade e sustentabilidade em projetos finais de curso de estudantes de Arquitetura e Urbanismo.* **Revista ponto de vista**. 2011.

ZANIN, N. Z.; CRUZ, J. H. P. **A sustentabilidade no ensino de arquitetura na Faculdade de Arquitetura /UFRGS.** In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009, Recife - PE. ELECS 2009 - Edificações e Comunidades Sustentáveis. Recife: Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2009.

COMPLEMENTAR

AMERICANO, Branca Bastos; PACIORNIK, Newton Paciornik, SANTOS, Mauro Meirelles de Oliveira. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência: **Emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais e por uso de solventes**. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006.

ASHRAE. ANSI/ASHRAE/IES *Standard* 90.1-2016. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia. Read-only version available at [https://ashrae.iwrapper.coni/ViewOnline/Standard 90,1-2016](https://ashrae.iwrapper.coni/ViewOnline/Standard%2090,1-2016) (IP).

ASMI, *Athena Sustainable Materials Institute*, 2017. “IE for Buildings: The Impact Estimator for Buildings gives architects, engineers and analysts access to advanced life cycle inventory data without requiring advanced skills.”

Informação obtida em <http://www.athenasmi.org/our-software-data/impact-estimator/>, em outubro de 2017.

BAVARESCO, Mateus Vinícius. **O uso de métodos qualitativos e quantitativos para aprimorar a pesquisa do comportamento dos ocupantes em países em desenvolvimento**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2021.

BERTOLI, Gabriela Mann. **Avaliação integrada de requisitos de desempenho térmico e ambiental de sistemas de vedação vertical externa opaca**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

BISSOLI-DALVI, MÁRCIA. **A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. Tese (Doutorado). Universidad del Bío-Bío. 2014.

CALDAS, Lucas Rosse; CARVALHO, Michele Tereza Marques; TOLEDO, Romildo Dias. Avaliação de estratégias para a mitigação dos impactos ambientais de revestimentos argamassados no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 343-362, 2020.

CHAVES, André Luiz et al. Sustentabilidade na arquitetura e o estudo dos compostos orgânicos voláteis emitidos por pisos vinílicos em residências. **Risco-Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, n. 20, p. 14-29, 2014.

DURAND, Thomas. *Forms of incompetence*. In: **Proceedings Fourth International Conference on Competence-Based Management**. Oslo: Norwegian School of Management. 1998.

DURAND, Thomas et al. *Management stratégique de la technologie: dix enseignements*. **Futuribles**, v. 137, p. 39-53, 1989.

DURAND, Thomas. *L'alchimie de la compétence*. **Revue française de gestion**, v. 41, n. 253, p. 267-295, 2015.

FAGUNDES, Cássia Mariana Neves. **Contribuições para uma arquitetura mais sustentável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2009.

FERREIRINHA, Pedro Miguel. **Do início do ciclo à vida do edifício à gestão de informação: BIM metodologia e estudo de um caso.** Dissertação (Mestrado). Lisboa, 2017. Disponível em: http://repositorio.ulusiada.pt/bitstream/11067/3696/1/mia_pedro_ferreirinha_dissertacao.pdf

KOZLOSKI, Cássia Laire. **Emissão de CO₂ de materiais de construção civil no Brasil: estimativas na etapa projetual de edificações.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

KULAHCIOGLU, Tugba; DANG, Jiangbo; TOKLU, Candemir. Um analisador 3D para avaliação do ciclo de vida habilitado para BIM de todo o processo de construção. *Hvac&R Research*, v. 18, n. 1-2, pág. 283-293, 2012.

MODLER, N., ALBERTON, J., MODLER, L., VAZ, M. **Integração horizontal através de exercício projetual: canteiro experimental e história da técnica—um relato de experiência.** 6º projetar, 2013.
<http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/bitstream/handle/123456789/875/E2013.pdf?sequence=1>

ONE CLICK LCA. **Certifications.** Disponível em: <https://www.oneclicklca.com/> Acesso em janeiro de 2019.

SILVA, Maria do Socorro Lopes da. Produção de cal e impactos socioambientais: desafios à sustentabilidade. *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 64, 2018.

SILVA, Bruna Vicente da. **Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações.** Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, 2013.

TALLY- **Overview e FAQ: Descrição do plug-in TALLY.** Disponível em: <http://choosetally.com/> Acessado em novembro de 2018.

THIOLLENT, Michel Jean Marie; COLETTE, Maria Madalena. Pesquisa-ação, formação de professores e diversidade. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 36, n. 2, p. 207-216, 2014.

TRUSTY, W.; HORST, S. LCA *Tools Around the World.* *Building Design & Construction*, 12-15, 2005.

APÊNDICE

Os Quadro 21, Quadro 22, Quadro 23 e Quadro 24, apresentam as descrições que foram analisados nos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Paraná de Universidades Públicas Federais no capítulo 5.

QUADRO 21 – DISCIPLINAS DA IES C PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.

IES C Disciplinas	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	BIBLIOGRAFIA
Introdução à arquitetura	Identificar as qualidades ambientais, funcionais, plásticas e construtivas de edifícios e espaços públicos. Desenvolver a consciência sobre a utilização racional dos recursos naturais, da energia e da água. Discutir as possibilidades da arquitetura e do urbanismo contribuírem para a sustentabilidade do planeta.	
Ciências Do Ambiente	Recursos naturais renováveis e não renováveis. Avaliação de impactos ambientais.	PORTILHO, Fátima. Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania. 2. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2010. PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi (Ed.). Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri, SP: Manole, c2005. XVIII, 878 p. (Coleção ambiental; 3)
Projeto Arquitetônico	ocupação do terreno, visando a sustentabilidade da obra e respeitando aos regulamentos de edificações.	KEELER, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.
Conforto Ambiental	A arquitetura vista como um elemento que precisa ter eficiência energética. Fontes Alternativas de Energia. Sistemas de Energia Elétrica. Exercitar os conhecimentos adquiridos através de simulação de projetos arquitetônicos. Uso racional da energia elétrica destinada à iluminação.	LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997. CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, RJ: Revan, 2009. 305 p. ISBN 9788571063976 (broch.). FROTA, Anésia Barros. Geometria da insolação. 1. ed. São Paulo, SP: Geros Arquitetura, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 15575 – Norma de Desempenho . Rio de Janeiro, 2010. ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. MARTÍN CHIVELET, Nuria; FERNANDEZ SOLLA, Ignacio. Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010.

		MASCARÓ, Juan Luís (Org.). Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios. 2. ed. Porto Alegre: Sagra, Sagra - D C Luzzatto, 1992. ALUCCI, Marcia Peinado. Manual para dimensionamento de aberturas e otimização da iluminação natural na arquitetura. São Paulo: FAUUSP, 2007
Materiais De Construção	Impacto das edificações no meio ambiente. Sustentabilidade.	
Tecnologia Das Construções		Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. São Paulo: ABNT, 2013. FREIRE, Wesley Jorge; BERALDO, Antonio Ludovico (Coord.). Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas, SP: CLE/UNICAMP, 2003. RIPPER, Ernesto. Como evitar erros na construção. São Paulo: Pini, 1984.
Instalações Hidrossanitárias	captação das águas pluviais nas edificações. Legislação sobre as instalações de reuso e reaproveitamento de águas pluviais	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
Estudos Socioambientais	Estudo de avaliação ambiental considerando os impactos antes de se tomar qualquer decisão que possa acarretar degradação da qualidade do meio ambiente.	MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo et al. Impactos socioambientais urbanos. Edição atualizada. Curitiba, PR: UFPR, 2004. GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2012.
Saneamento Ambiental	Estudo dos sistemas de edificações, energia e saneamento ambiental visando o bem-estar do ser humano com o meio ambiente. Políticas públicas de saneamento, os meios que mais contribuem para a poluição ambiental e deterioração do meio ambiente. Estudo das estratégias de planejamento urbano visando a conservação ambiental.	SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2006. GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2013. Estudo dos sistemas de edificações, energia e saneamento ambiental visando o bem-estar do ser humano com o meio ambiente.
Teoria Do Urbanismo	O surgimento da preocupação com o esgotamento das reservas energéticas e ambientais. A evolução do movimento ambientalista até as questões de sustentabilidade. A Agenda 21 e o Estatuto da Cidade. O novo Urbanismo e a cidade sustentável.	

Urbanismo	Sustentabilidade Urbana a inclusão da dinâmica ambiental no Planejamento Territorial	
Gestão De Projetos	Fases e componentes de um projeto. O ciclo de vida do projeto.	
Uso Racional Da Água Nas Edificações	<p>Identificar estratégias para redução de consumo de água e uso de fontes alternativas nas edificações.</p> <p>Normas técnicas relacionadas ao uso racional de água nas edificações.</p> <p>Avaliar fontes alternativas para suprimento de água não potável.</p> <p>Análise e elaboração de projetos de instalações prediais adotando estratégias de uso racional de água.</p>	<p>GONÇALVES, Ricardo Franci; (Coord.) PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Uso racional da água em edificações. Vitória, ES: ABES, 2006.</p> <p>MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Reúso de água. São Paulo, SP: Manole, 2003.</p> <p>ANA. FIESP. SINDUSCON. Conservação e reúso da água em edificações. 2. ed. São Paulo: FIESP, 2006. 152</p> <p>GONÇALVES, Ricardo Franci. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. 1. ed. Vitória: ABES, 2009.</p> <p>min; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães; NUVOLARI, Arioaldo; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi; RIBEIRO, Flávio de Miranda; NASCIMENTO, José Edmário do; STANGE, Karen; BASSOI, Lineu J. Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. 2. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2010.</p> <p>TUNDISI, José Galízia; TUNDISI, Takako Matsumura. Recursos hídricos no século XXI. Nova ed. ampl. e atual. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011</p>
Towards Sustainability	Desenvolver uma compreensão profissional interdisciplinar e compromisso com a sustentabilidade. Atender alunos em todos os programas. Discutir as causas e o impacto das mudanças climáticas.	<p>MANAHAN, Stanley E. Environmental Science, and technology: a sustainable approach to green Science and technology. 2nd ed. Boca Raton; London: CRC/Taylor & Francis, c2007.</p> <p>PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; SOBRAL, Maria do Carmo Martins. Contribution from brazilian postgradua testudiestosustainabledevelopment: Capes at Rio + 20. Brasília, DF: [s.n.], 2012.</p> <p>KIBERT, Charles J. Sustainable construction: green building design and delivery. 2nd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2007.</p> <p>HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K. Globalization of water: sharing the planet's freshwater resources. Malden, Mass.: Blackwell Publishing, 2008.</p> <p>WORLD ENERGY COUNCIL. Living in one world: sustainability from an energy perspective. London, UK: World Energy Council, 2001.</p> <p>MELOSI, Martin V. Garbage in the cities: refuse, reform, and the environment. Rev. ed. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press, c 2005. xvi, 302</p>

		YUEN, Belinda K. P., KUMSSA, Asfaw, (Ed.). Climate change and sustainable urban development in Africa and Asia. Dordrecht, Ho: Springer, c 2011.
Water And Construction Sector	Desenvolver uma compreensão profissional interdisciplinar e compromisso com o uso eficiente da água no setor da construção civil. Os alunos terão a oportunidade de estar melhor preparados para uma tomada de decisão bem-informada no campo do uso e gestão sustentável da água. Atender alunos em todos os programas	HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K. Globalization of water: sharing the planet's freshwater resources. Malden, Mass.: Blackwell Publishing, 2008. SENEVIRATNE, Mohan. A practical approach to water conservation for commercial and industrial facilities. First. ed. Amsterdam, HO; Boston, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007. BEZERRA, Stella M. C. Enhancing characterization of water use practices in cement manufacturing and related construction sectors . 396 p. 2014. PhD Dissertation (Environmental Engineering) – University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 2014.
Eficiência Energética Em Edificações	Avaliação de edificações segundo normas brasileiras de desempenho térmico. Métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações pela NBR 15220; Avaliação de eficiência energética pelo RTQ-C	BROWN, G.Z.; DEKAY, M. Sol vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. Eficiência energética na arquitetura. 3a ed. ELETROBRAS /PROCEL, 2004. GIVONI, B. Passive and low energy cooling of buildings. New York: Van Nostrand Reinhold. 1994. CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, RJ: Revan, 2009 COSTA, Gilberto José Corrêa da. Iluminação econômica: cálculo e avaliação. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
Construções Sustentáveis Metodologia E Tecnologia	Princípios da construção sustentável. Impactos socioambientais na construção civil. Arquitetura bioclimática Reaproveitamento e recuperação de materiais na construção civil Processos de construções alternativas de baixo consumo energético Design ecológico	HERTZ, J. B. Ecotécnicas na Arquitetura. São Paulo: Pioneira, 1998 ROAF, S.; FUENTES, M; THOMAS, S. Ecohouse: A casa ambientalmente saudável. Porto Alegre: Bookman (3 edição), 2009 Madeira – Uso Sustentável na Construção Civil. São Paulo: IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., 2009

Fonte: Da Autora.

A fonte de pesquisa da IES D foi a partir das Disciplinas que compõe o PPC-2013 e que se encontram no site para consulta.

QUADRO 22 – DISCIPLINAS DA IES D PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.

IES D Disciplinas	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (trechos)	BIBLIOGRAFIA
Ambiente Construído II	Fundamentos do desempenho térmico de edificações. Simulação do comportamento térmico de edificações em múltiplas zonas.	HOPKINSO, LONGMORE, PETERBRIDGE, Iluminação Natural. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian (1990).
Ambiente Construído IV	Sustentabilidade nas edificações. Analisar um projeto de edificação de acordo com princípios básicos de sustentabilidade. Relacionar qualidade do ar com materiais presentes nos ambientes e fluxos de ventilação.	SCHMID, A.L. A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental (2005).
Ateliê de Arquitetura e Paisagismo I	Desenvolver a abordagem dos aspectos ambientais do edifício incluindo o conforto ambiental e aspectos de sustentabilidade tais como a utilização de materiais, economia de energia, captação e reaproveitamento de água e uso de energias renováveis;	
Arquitetura II	desenvolver a abordagem dos aspectos ambientais do edifício incluindo o conforto ambiental e aspectos de sustentabilidade tais como a utilização de materiais, economia de energia, captação e reaproveitamento de água e uso de energias renováveis;	LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997; MASCARÓ, Juan L.; MASCARÓ, Lúcia E.R. Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 1992;
Cidade e Meio Ambiente I	percepção dos impactos do uso da base natural, e as alternativas do urbanismo sustentável aos impactos do processo de urbanização e do risco de esgotamento de recursos renováveis e não renováveis.	
Cidade e Meio Ambiente II	Visão geral da expansão urbana e os impactos socioambientais. Novas perspectivas de ocupação, mobilidade e energia nas cidades.	LEFF, E. Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental. Petrópolis: Vozes, 2009. ROAF, S., CRICHTON, D., NICOL, F. A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas. Porto Alegre: Bookman, 2009 ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. Meio ambiente e sustentabilidade. Porto Alegre: Bookman, 2012. ALBESA DE RABI, N. I. Planejamento e o uso eficiente da energia elétrica: plano diretor, perímetro urbano, uso do solo, parcelamento. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1999

Fonte: Da Autora.

A fonte de pesquisa da IES E foi a partir das ementas e bibliografias disponibilizadas no PPC do curso e que se encontram no site para consulta.

QUADRO 23 – DISCIPLINAS DA IES E PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.

IES E Disciplinas	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (trechos)	BIBLIOGRAFIA
Conforto Térmico	Realizar avaliações teóricas, experimentais e de projeto, de desempenho térmico; capacitar o estudante para a utilização adequada dos sistemas de condicionamento de ar com o conhecimento das vantagens e desvantagens de sua aplicação. Instruir o estudante para a utilização de sistemas de baixo consumo energético, e de aproveitamento de energia para a edificação. Empregar o conceito de sustentabilidade.	LAMBERTS, R., PEREIRA, F., DUTRA, Luciano. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo, PW, 1997. RIVERO, R. Arquitetura e Clima: acondicionamento Térmico Natural. D.C. Luzzato, RS, 1985 ROMERO, Marta. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. Brasília, UnB, 2001 MASCARÓ, L. Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo. VI e anexos. Rio de Janeiro: Ed. Projeto, 1985.
Ateliê de Projeto Integrado	Desenvolvimento de projeto de arquitetura, urbanismo e paisagismo (...) com olhar social e sustentável em relação ao desenvolvimento das cidades.	FERREIRA, Antonio Domingos Dias. Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.
Arquitetura II	Eficiência energética e sustentabilidade no projeto habitacional.	
Instalações Prediais I		PEREIRA, Mário Jorge. Energia: eficiência e alternativas. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009. 197 p.
Conforto Acústico e Luminoso	Teoria, prática e exercícios de desempenho acústico e lumínico. Sistemas de baixo consumo energético, e de aproveitamento de energia para a edificação.	BROWN, G.Z., DEKAY, Mark. Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura. Porto Alegre: Bookman, 2004. SCHMID, Aloísio. A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. AMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência energética na arquitetura, São Paulo: ProLivros, 2004.
Paisagismo II	estratégias de estruturação do território em que se alia o equilíbrio ambiental, o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos (...) sistema de espaços livres, conservação ambiental e requalificação da paisagem. identificação e avaliação de impacto ambiental;	
Planejamento Urbano, Regional e Metropolitano.	noções da discussão sobre cidade informal versus cidade formal, conflitos socioambientais, habitação e regularização fundiária e desenvolvimento sustentável	
Estudo e Projeto de Cidades Sustentáveis	Energia e meio ambiente. Avaliação de impactos ambientais de grandes obras. Legislação ambiental específica. Projetos inovadores de cidades sustentáveis.	HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin H. Energia e meio ambiente. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, c 2011. SANCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. BRANCO, S. M. O meio ambiente em debate. 40. ed. São Paulo: Moderna, 2006. FERREIRA, Antonio Domingos Dias. Habitação autossuficiente: interligação e integração de

		sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2008. PHILIPPI JUNIOR, Arlindo (Coord.); MALHEIROS, Tadeu Fabrício (Ed.). Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental. Barueri: Manole, 2013
Compatibilização de Projeto	Coordenação, análise e compatibilização entre os projetos necessários à produção do ambiente construído.	
Empreendedorismo e Inovação	Uso racional dos fatores de produção.	
Projeto de Mobiliário		MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2005. SCHNEIDER, Nadia.
Sistemas Construtivos	Estudo de sistemas construtivos não-usuais. Inovação em sistemas construtivos. Construções efêmeras.	RIPPER, E. Como evitar erros na construção. São Paulo: PINI, 1986

Fonte: Da Autora.

A fonte de pesquisa da IES F foi a partir das ementas, conteúdo programático e bibliografias disponibilizadas no PPC do curso e que se encontram no site para consulta do 1º, 2º e 3º ano. O programa das disciplinas do 4º e 5º ano não estão disponíveis.

QUADRO 24 – DISCIPLINAS DA IES F PÚBLICA DO PARANÁ QUE POSSUEM ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE.

IES F Disciplinas	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (trechos)	BIBLIOGRAFIA
Estudos da Cidade	Sustentabilidade aplicada ao urbano.	
Tecnologia da Construção I	Conceituar desempenho e vida útil de projeto: conceitos	RIPPER, Ernesto. Como evitar erros na construção. São Paulo: Pini, 1984.
Sistemas Urbanos I	Estabelecer relação dos fluxos urbanos e suas implicações com a sustentabilidade. Impactos antrópicos ao meio urbano: explanar sobre a introdução no meio ambiente de quaisquer matérias ou energia que altere as propriedades físicas-químicas ou biológicas do ambiente urbano. Eficiência Energética. Automação Urbana. Cidades inteligentes.	GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2012. BROWN, G.Z.; DEKAY, M. Sol vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
Sistemas Estruturais III	Noções de compatibilização entre o projeto arquitetônico e as estruturas de concreto.	
Projeto de Arquitetura III		CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Editorial Revan, 2003.
Projeto de Arquitetura VI	Compatibilização de projetos. O impacto de grandes edificações no meio urbano.	LAMBERTS R.; Dutra L.; Pereira F. Eficiência energética na arquitetura. Florianópolis: PROCEL/UFSC 1998.
Projeto de Paisagismo I e II	PP III – Projetos urbanos sustentáveis	FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. Annablume Editora, 2000. LYLE, John Tillman. Regenerative design for sustainable development. John Wiley& Sons, 1996. MENEQUETTI, Karin Schwabe. De cidade-jardim a cidade sustentável: potencialidades para uma estrutura ecológica urbana em Maringá-PR. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
Materiais de Construção II		JOHN, V. M. et al. Tecnologia e materiais alternativos de construção. 2003.
Conforto Ambiental I	Desempenho térmico. Utilizar sistemas de baixo consumo energético e de aproveitamento de energia para a edificação (Eficiência). Arquitetura bioclimática. Sustentabilidade. Estratégias de condicionamento térmico.	LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Bookman, 2012.
Urbanismo IV		LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Bookman, 2012.

Fonte: Da Autora.