

Universidade de São Paulo  
Instituto de Arquitetura e Urbanismo

**POLIANA FIGUEIRA CARDOSO**

**Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e  
possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida**



São Carlos  
2015



**POLIANA FIGUEIRA CARDOSO**

**Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida**

Dissertação apresentada ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

São Carlos  
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C268s Cardoso, Poliana Figueira  
Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida / Poliana Figueira Cardoso; orientador Javier Mazariegos Pablos. São Carlos, 2015.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2015.

1. Avaliação do Ciclo de Vida. 2. Certificação Ambiental de Edificações. 3. Avaliação de Impacto. I. Título.

## FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Arquiteta **Poliana Figueira Cardoso**.

Título da dissertação: “Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida”.

Data da defesa: 24/03/2015

Comissão julgadora:

Prof. Dr. **Javier Mazariegos Pablos**  
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo/IAU)

Prof. Dr. **Aldo Roberto Ometto**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof.a Dr.a **Kelen Almeida Dornelles**  
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo/IAU)

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:  
Prof. Associado **Márcio Minto Fabricio**



À minha mamãe *in memoriam*,  
maior motivadora dos meus ideais.



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelas bênçãos de luz concedidas.

À minha família, meu pai Paulo e irmã Patrícia pelo apoio e amor incondicional para concluir este desafio, mesmo estando distantes. À minha irmã Paula e meu cunhado Victor pelas contribuições e correções no desenvolvimento desta pesquisa, além do apoio e carinho neste período de convivência em São Carlos.

Às amigas consolidadas nestes anos de pesquisa com os amigos Victor Baldan, Paulo Giovany, Jane Lacombe, Aline Gouvêa e Kamila Mendonça e pela contribuição de cada um no desencadeamento e correções desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Javier Mazariegos Pablos pela orientação, motivação e incentivos ao longo desta pesquisa.

À todos os profissionais técnicos e funcionários do Laboratório de Construção Civil (LCC) sempre apostos para auxiliar.

Ao Professor Dr. João Adriano Rossignolo pela indicação inicial e os primeiros passos desta pesquisa.

À colega Cristiane Bueno pela contribuição inicial na formulação do projeto de pesquisa.

Às colegas Efigênia Rossi e Natália Crespo pelo direcionamento em alguns entraves do processo da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão do apoio financeiro fundamental para a continuação desta pesquisa.



“A educação se bem compreendida é a chave do progresso moral.”  
(Allan Kardec)



## RESUMO

CARDOSO, P. F. **Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

Dada a complexidade da interação entre o construído e o ambiente natural, a ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) representa uma abordagem de máxima precisão para analisar os impactos ambientais de todo o edifício. Esta técnica além de considerar os materiais e consumo de energia, deve incluir em sua avaliação a produção e transporte de materiais de construção, e até mesmo o material de reciclagem e gestão de resíduos na fase de desativação. A ACV é a técnica que melhor se enquadra na avaliação de medidas de desempenho ambiental, pois tem a possibilidade de ser integrada aos sistemas de certificação ambiental. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade da técnica de ACV para os sistemas de CAE (Certificação Ambiental de Edificações) habitacionais no Brasil. Para alcançar este objetivo, utiliza-se a pesquisa exploratória por meio de revisão bibliográfica e documental. Observou-se que a utilização da técnica de ACV nas CAE ocorre em passos iniciais. Todas as CAE já iniciaram pelo menos o pensamento de ciclo de vida como base para conhecimento por parte dos agentes interessados. Algumas CAE possuem iniciativas com propósitos mais adequados ao uso da técnica, como é o caso do BREEAM e do LEED. O BREEAM classifica os materiais escolhidos por meio de abordagem de ACV e o LEED faz a ponderação dos créditos das categorias utilizando o método de caracterização de impacto TRACI. Outra questão relevante é o uso da tecnologia BIM para realizar avaliações de ciclo de vida, o sistema Casa Azul faz menção para no futuro a integração nas fases de projeto. Aponta-se projeções de aplicabilidade da técnica de ACV estar inserida nas categorias relacionadas aos materiais, categoria esta considerada como padrão para avaliação por todas as CAE.

**Palavras-Chave:** Avaliação do Ciclo de Vida, Certificação Ambiental de Edificações, Avaliação de Impacto.

## ABSTRACT

CARDOSO, P. F. **Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

Given the complexity of the interaction between the built and the natural environment, the LCA (Life Cycle Assessment) is a maximum precision approach to analyze the environmental impacts of the entire building. Besides considering the materials and energy consumption, this technique must include in its assessment the production and transport of building materials, and even the material recycling and waste management in the decommissioning phase. LCA is the technique that best fits the evaluation of environmental performance measures, it has able to be integrate with environmental certification systems. In this context, this study aims at analyzing the applicability of LCA technique for ECB systems (Environmental Certification of Buildings) housing in Brazil. To accomplish this, we use the exploratory research through literature and document review. It was observed that use of the CAE technique LCA showed up in the initial steps. All CAE have started at least the thought of life cycle as a basis for knowledge on the part of stakeholders. Some efforts have CAE more suitable for use in technical purposes, such as the BREEAM and LEED. BREEAM classifies chosen materials through LCA approach and LEED is the balance of credits in categories using the method of characterization TRACI impact. Another relevant issue is the use of BIM to perform life cycle assessments, which Casa Azul system makes reference to the future integration into project phases. It points applicability projections of LCA technique is inserted in the categories related to materials, a category regarded as a standard for evaluation by all CAE.

**Keywords:** Life Cycle Assessment, Environmental Certification of Building, Impact Assessment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interação das fases de ACV .....	61
Figura 2 – Principais Intervenções do meio ambiente correlacionadas com os efeitos ambientais e as áreas de proteção .....	69
Figura 3 – Fases do ciclo de vida de uma edificação genérica .....	86
Figura 4 – O uso do transporte nas fases da construção de edificações .....	89



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas de AICV .....	66
Quadro 2 – Exemplos dos termos definidos nos elementos obrigatórios da AICV.....	67
Quadro 3 – Ferramentas de análise de ACV mais utilizadas comercialmente .....	70
Quadro 4 – Métodos de AICV .....	72
Quadro 5 – Métodos de AICV e principais categorias de impacto e nível de abordagem.....	80
Quadro 6– Métodos de AICV e principais categorias de impacto e nível de abordagem.....	81
Quadro 7 – Referenciais bibliográficos para o estudo de cada sistema. Edifícios Novos (N) e ou Existentes (E) e ou em Construção (C). .....	94
Quadro 8 – Cálculo do nível alcançado por tema .....	96
Quadro 9 – Características principais de cada sistema de certificação ambiental .....	100
Quadro 10 – Categorias de avaliação do AQUA.....	102
Quadro 11 – Categoria de avaliação do BREEAM.....	108
Quadro 12 – Categoria de avaliação do Casa Azul .....	115
Quadro 13 – Categoria de avaliação do LEED.....	117
Quadro 14 – Resumo das categorias com abordagem CV .....	122
Quadro 15 – Fases de ciclo de vida de uma edificação .....	126
Quadro 16 – Resumo da identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV.....	147
Quadro 17 – Resumo das categorias de impacto de cada sistema de CAE correlacionadas aos aspectos ambientais dos métodos de AICV .....	155
Quadro 18 – Resumo das análises das CAE .....	158
Quadro 19 – Requisitos para a escolha de materiais nas CAE .....	158
Quadro 20 –Categorias das CAE com abordagem de CV correlacionadas com as fases do ciclo de vida e os aspectos ambientais .....	160



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de avaliação do BREEAM para o Brasil.....	97
Tabela 2 – Relação das categorias de impacto dos métodos de AICV com as CAE.....	148



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CA	Certificação Ambiental
CAE	Certificação Ambiental de Edificações
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, Japão
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEF	Caixa Econômica Federal
CIB	Council International Building
CML	Centrum voor Milieujunde (Center for Environmental Science)
CO2	Dióxido de Carbono
COV	Componentes Orgânicos Voláteis
DA	Desempenho Ambiental
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen eV
EBC	Environmental Building Certifications
EDIP	Environmental Design for Industrial Products
EPS	Environmental Priority Strategies
FCAV	Fundação Carlos Alberto Vanzolin
GBC	Green Building Council
GEE	Gases de Efeito Estufa
HQE	Haute Qualité Environmental
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
ICV	Inventário do Ciclo de Vida

ILCD	International Reference Life Cycle Data System
IPCC	International Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LIME	Life Cycle Impact Assessment Method based on Endpoint Modeling
LZC	Low or Zero Carbon
ONU	Organização das Nações Unidas
NBR	Normas Brasileira Registrada
PBQP	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Hábitat
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência de Edificações Residenciais
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
SINAT	Sistema Nacional de Aprovação Técnica
UNEP	United Nations Environment Programme
USGBC	United States Green Building Council

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	25
1.1 PANORAMA .....	25
1.2 JUSTIFICATIVAS .....	28
1.3 OBJETIVOS .....	29
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA RELACIONADA AOS TEMAS DESEMPENHO AMBIENTAL, SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	32
2.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL EM RELAÇÃO A ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA E RECOMENDAÇÕES PARA O CENÁRIO BRASILEIRO .....	33
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	41
3.1 DESEMPENHO AMBIENTAL (DA) .....	41
3.1.1 <i>Histórico ambiental no Brasil e no mundo</i> .....	41
3.1.2 <i>Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA</i> .....	46
3.1.3 <i>Conceito de DA</i> .....	47
3.1.4 <i>Aplicabilidade de desempenho ambiental na construção civil</i> .....	47
3.2 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS DE EDIFICAÇÕES (CAE) .....	49
3.2.1 <i>Origens</i> .....	49
3.2.2 <i>Características das certificações ambientais de edificações</i> .....	50
3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA .....	56
3.3.1 <i>Origens</i> .....	56
3.3.2 <i>Conceito</i> .....	58
3.3.3 <i>Estrutura metodológica da ACV</i> .....	61
3.3.4 <i>Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)</i> .....	65
3.3.5 <i>Aplicações da ACV</i> .....	82
3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E EM EDIFÍCIOS.....	83
3.4.1 <i>Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas de certificação ambiental de edificações</i> ...	84

4 ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA ACV PARA OS SISTEMAS DE CAE HABITACIONAIS NO BRASIL.....	93
4.1 SELEÇÃO DOS SISTEMAS CAE .....	93
4.2 AS CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO SELECIONADOS .....	94
4.2.1 AQUA.....	94
4.2.2 BREEAM .....	96
4.2.3 Casa Azul.....	98
4.2.4 LEED.....	99
4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO COM ABORDAGEM DE ACV.....	101
4.3.1 <i>Discussão sobre os resultados</i> .....	122
4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS FASES DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO ABORDADAS NOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO .....	125
4.4.1 <i>Discussão sobre os resultados</i> .....	145
4.5 CORRELAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS COM AS CATEGORIAS DE IMPACTO DE CADA CERTIFICAÇÃO.....	148
5 RECOMENDAÇÕES PARA ADA PARA USO DA TÉCNICA DE ACV EM SISTEMAS CAE.....	157
CONCLUSÕES .....	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	169

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PANORAMA

O intenso desenvolvimento de centros urbanos em vários países tornou a cidade um local para trocas culturais, econômicas, políticas e sociais da humanidade. A humanidade vem sofrendo grandes desafios relacionados com o crescimento populacional e da urbe. Os desafios como da crise econômica, social, mudanças climáticas e para conservação da biodiversidade exigem ser encarados com transdisciplinaridade, por conjunto de ações e pessoas que trabalhem estes temas. Estes desafios se desencadearam a partir da Revolução industrial, a qual favoreceu, por anos, intenso deslocamento da população, tipicamente rural, em busca de novas oportunidades (negócios e emprego) para as cidades, onde se concentravam as indústrias (BARBIRATO; SOUZA TORRES, 2007). Esses fatos levaram ao extrativismo intensivo dos recursos naturais e ao desenvolvimento de novas fontes energéticas, que por sua vez requeriam mais recursos e aumentaram os impactos ambientais (TAVARES, 2006).

Os impactos ambientais são relativamente expressivos no setor da construção civil. No Brasil, de acordo com os dados do censo brasileiro realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a população urbana ultrapassou em 80% da população total (IBGE, 2012) e as demandas por infraestrutura, transporte e habitação tiveram um aumento significativo para a cidade dar suporte (MORENO, 2013). O número de domicílios subiu 2,5%, chegando a 62,8 milhões. Os serviços, como abastecimento de água chega a 53,4 milhões de domicílios, correspondente a 86,4%, com crescimento de 0,8% em relação a 2011. A coleta de esgoto chega a 58% dos domicílios, com crescimento de 2,1% no país. Em 2002, 81,9% da população tinha água em casa e 46,4% tinham o esgoto coletado. No ano de 2012 chegou a 89,9% dos domicílios atendidos com coleta de lixo, com acréscimo de 5,1% em relação a 2002. Neste período, a rede elétrica também cresceu de 96,6% foi para 99,7%, sem incluir a área rural da região Norte do país, que entrou na pesquisa somente em 2004, portanto, não haveria como fazer comparações com

anos anteriores (IBGE, 2012). Outras questões que tiveram aumento foram à aquisição de bens duráveis, tais como, geladeira, televisão, aparelho de DVD, microcomputador e número equipamentos de mobilidade (automóveis e bicicletas). Todos estes dados crescentes mostram o impacto considerável relacionado às residências e o crescente consumo dos recursos para suprir tais necessidades (GBC Brasil 2014).

Todas essas necessidades de consumo levam a repensar a gestão dos recursos utilizados para se obter, seja de fonte material, água, terra ou energia. A construção civil é responsável por este enorme ambiente construído em que se vive, tais como: estradas e ruas, centrais elétricas, ferrovias, as edificação em geral (JOHN; PRADO, 2010). A criação de alternativas para construções sustentáveis são metas atuais no campo acadêmico como no empresarial, no intuito de encontrar novas soluções, novas tecnologias e serviços especializados para monitorar e qualificar construções que contribuam com o desenvolvimento sustentável (JUNIOR, 2012), ou seja, capaz de suprir as necessidades da atual sociedade sem comprometer a capacidade de atender necessidades que ainda virão.

A evolução dos conceitos de desenvolvimento sustentável e novos modelos econômicos fez com que o setor da construção civil se posicionasse estrategicamente frente aos impactos por ela causados, introduzindo no mercado sistemas de avaliação ambiental de edificações derivados dos procedimentos de avaliação ambiental de processos ou produtos (SEVERO; CARVALHO FILHO; SOUSA, 2012; SILVA, 2003). Os diferentes envolvidos do setor da construção (*stakeholders*) utilizam os sistemas de avaliação ambiental de edificações como ferramenta de grande importância para estabelecer critérios e validar um edifício sustentável (JOHNSON, 2005).

Esses sistemas surgiram na década de 90 na Europa, EUA e no Canadá, com o intuito de medir a sustentabilidade ambiental e foram implementados no contexto brasileiro de forma generalizada, não apresentando flexibilidade de adaptação a diferentes contextos locais. Como exemplo, o LEED, desenvolvido para a realidade americana (BUENO, 2010), ou BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), direcionado para o âmbito da Inglaterra.

Algumas iniciativas, por intermédio de “selos verdes”, vêm tentando a melhoria da aplicabilidade destes sistemas no Brasil. Destaca-se o selo Casa Azul da CEF (Caixa Econômica Federal), elaborado no Brasil para ser aplicado diretamente no

território nacional (para habitação), pautando se em itens semelhantes aos certificadores já em uso no país, (uso do solo, aproveitamento de recursos naturais, uso racional de água e energia, materiais e recursos), por meio de critérios de avaliação (MACEDO, 2011). Outro destaque é a certificação AQUA adaptada do sistema HQE para as características ambientais brasileiras (SEVERO; CARVALHO FILHO; SOUSA, 2012).

Uma das técnicas internacionalmente aceita para avaliação ambiental de edifícios é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), do inglês, *Life Cycle Analysis – LCA*, originalmente definida pela *Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC*, como sendo um processo para avaliar as implicações ambientais de um produto ou atividade em todos os estágios de sua vida que geram impactos (SETAC, 1991). A ACV é uma técnica que permite avaliar os impactos de um sistema de produto, sistematicamente, por todo o seu ciclo de vida. Um sistema de produto consiste em um conjunto de unidades de processo, conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas. O ciclo de vida de um sistema de produto permeia seus estágios sucessivos e encadeados, desde a extração dos recursos naturais até a disposição final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a; COSTA, 2006).

Analisando os edifícios como produtos, eles são especiais e complexos, pois, possuem vida útil relativamente longa, múltiplas funções, contêm componentes diferentes, são integrados com a infraestrutura e normalmente são únicos (raramente há muitos do mesmo tipo) (BRIBIÁN; USÓN; SCARPELLINI, 2009; ZHENG et al. 2009).

Dada a complexidade da interação entre o construído e o ambiente natural, a ACV representa uma abordagem abrangente para analisar os impactos ambientais de todo o edifício (ZHENG et al. 2009). Esta técnica além de considerar os materiais e consumo de energia, deve incluir em sua avaliação a produção e transporte de materiais de construção, e até mesmo o material de reciclagem e gestão de resíduos na fase de desativação. Isso implica que em ACV o critério de avaliação do edifício, se estende tanto ao tempo como no domínio do espaço (ZHENG et al. 2009).

Estudos de ACV realizados em habitações, no entanto, têm focado nos requisitos de energia e emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (MONTEIRO; FREIRE, 2011),

e nos países latino-americanos existem poucas experiências com a aplicação da análise do ciclo de vida (RODRÍGUEZ; CASTELLS; SONNEMANN, 2010).

A ACV é a técnica que melhor se enquadra na avaliação de medidas de desempenho ambiental, pois pode-se integra-la aos sistemas de certificação ambiental. Integração esta, que pode e deve ser melhorada progressivamente (TRUSTY, 2009).

Dessa forma o direcionamento deste trabalho tem a finalidade de analisar a aplicabilidade da técnica de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) para os sistemas de CAE (Certificação Ambiental de Edificações) habitacionais no território nacional.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

A sociedade atual depende de grande quantidade de bens, tais como, casas, automóveis, eletrônicos, estruturas urbanas e outros. Estes bens estão baseados em constante fluxo de materiais, sobre os quais ocorre o consumo dos recursos naturais, principalmente, por meio de etapas de extração, transporte, processamento, consumo e descarte. Cada uma destas etapas gera impactos ambientais, por meio de poluentes (JOHN; PRADO, 2010). Há uma demanda da sociedade por informações dos dados quantitativos e qualitativos sobre impactos ambientais relacionados aos seus produtos, serviços e processos utilizados. Estas informações devem estar reforçadas por princípios da transparência, para comunicação ao usuário final, projetistas e fabricantes, permitindo assim escolhas mais conscientes.

Neste sentido, este trabalho contribui para o estudo do direcionamento da análise de aplicabilidade de ACV de forma combinada com os sistemas de certificação no âmbito da construção civil. Além de dar continuidade aos esforços já empreendidos na perspectiva do pensamento ciclo de vida inserido no PBACV (Programa brasileiro de Avaliação de Ciclo de Vida), juntamente com o apoio do PNUMA e do SETAC, no sentido de incentivar pesquisas realizadas no campo da ACV em países emergentes.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar a abordagem da técnica de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) para os sistemas de CAE (Certificação Ambiental de Edificações) habitacionais no Brasil.

Com o intuito de melhor direcionar o objetivo geral desta pesquisa buscou-se a delimitação dos seguintes objetivos específicos:

1. Investigar a utilização da técnica de ACV nas CAE;
2. Indicar as principais tendências de aplicabilidade da ACV nas CAE;
3. Fornecer recomendações para a avaliação de desempenho ambiental por meio da técnica de ACV em sistemas CAE.

Este estudo parte das perspectivas atuais de uso da ACV nos sistemas de CAE, sem a pretensão de propor uma nova ferramenta para avaliar as construções, porém as duas podem se unir para trazer resultados quantificáveis aos interessados distintos.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nos estudos de Gil (2007) esta pesquisa se classifica como exploratória e para alcançar os objetivos se delinea como bibliográfica e documental. Os materiais que respaldam a elaboração desta pesquisa são documentos normativos, guias, referenciais técnicos, livros, dissertações, teses e artigos de periódicos científicos.

Os documentos normativos que destacam-se são as Normas ISO 14001, NBR ISO 14031, NBR ISO 14040, NBR ISO 14044 e NBR 15575. Os guias que se sobressaem para construção deste trabalho são *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment* (EC-JRC, 2010a) e *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance* (EC-JRC, 2010c). Os referenciais técnicos ressaltados são BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method Centre*) *Bespoke International Process* (BRE, 2013), *United States Green Building Council (USGBC) Green Building Rating System – LEED for New Construction and Major Renovation – with alternative compliance paths for projects outside the U.S.* (USGBC, 2009), Caixa Econômica Federal (CEF) – Boas Práticas para habitação mais sustentável – Selo Casa Azul (CEF, 2010), Fundação Carlos Alberto Vanzolin (FCAV) Referencial Técnico de Certificação – Edifícios Habitacionais – Processo AQUA (FCAV, 2013).

O procedimento metodológico é composto por duas etapas:

2.1 Revisão bibliográfica relacionada aos temas desempenho ambiental, sistemas de certificação ambiental e avaliação do ciclo de vida;

2.2 Análise dos sistemas de certificação ambiental em relação à abordagem do CV (Ciclo de Vida) e recomendações para o cenário brasileiro.

Os procedimentos associados à realização de cada uma das etapas são apresentados a seguir.

## **2.1 Revisão bibliográfica relacionada aos temas desempenho ambiental, sistemas de certificação ambiental e avaliação do ciclo de vida**

Para facilitar a compreensão e ocorra o mais adequado direcionamento quanto aos temas da pesquisa o levantamento bibliográfico objetivou contextualizar a situação para o mundo e principalmente para o Brasil sobre o Desempenho Ambiental, Certificação Ambiental de Edificações, Avaliação do Ciclo de Vida na indústria da construção civil.

### **2.1.1 Conteúdo relacionado aos temas**

Para o tema desempenho ambiental a revisão traz o levantamento sobre a avaliação de desempenho ambiental, a origem e conceito do desempenho ambiental e finaliza trazendo a aplicabilidade do tema na construção civil.

Para o tema CAE o levantamento bibliográfico traz informações sobre as CAE de maior relevância globalmente encontradas na literatura. O termo “sistema” em alguns trabalhos foi encontrado como sendo “método” em relação às certificações, no entanto, os referenciais técnicos utilizados para as análises em nenhum momento se definem como sendo “método”. Não havendo um consenso no termo utilizado, ressalta-se neste item o termo “sistema”.

Por último, o tema ACV é explorado a partir da sua definição, origem e aplicações na construção civil. Após, por meio da literatura existente são identificados os principais métodos de caracterização da fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) de uma ACV, destes métodos foram listados os principais para o estudo. Em seguida faz-se um melhor detalhamento sobre os métodos de caracterização e suas respectivas categorias de impactos da fase de AICV para posterior análise com as CAE. A revisão bibliográfica levanta ainda a questão da ACV em sistemas CAE, trazendo a definição e as fases do ciclo de vida de uma edificação genérica.

### **2.1.2 Fontes primárias**

Para o levantamento bibliográfico as buscas foram realizadas a partir de periódicos específicos, tais como o *International Journal of Life Cycle Assessment*, *Journal of Industrial Ecology*, *Journal of Cleaner Production*, livros técnicos, normas ISO,

artigos publicados em anais de congressos, sites institucionais como *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), acervo bibliográfico da Universidade de São Paulo e banco de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para consultar as teses e dissertações defendidas aos programas de pós-graduação do país.

### **2.1.3 Palavras e termos de busca**

As buscas nas bases se iniciaram com algumas palavras-chave relevantes e após foram combinadas com outras palavras e termos para maior alcance da literatura existente. São elas: AQUA, BREEAM, Casa Azul, LEED, Edificações Habitacionais, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Certificação Ambiental de Edificações (CAE), Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, Desempenho ambiental, Avaliação de desempenho Ambiental de Edificações, *Environmental buildings*, Life Cycle Assessment, *Environmental Certification of Building*, *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, *Environmental Performance (EP)*, *Building Environmental Performance Assessment*.

Os resultados alcançados durante esta etapa são apresentados no Capítulo 3.

## **2.2 Análise dos sistemas de certificação ambiental em relação a abordagem do ciclo de vida e recomendações para o cenário brasileiro**

Nesta etapa o objetivo é selecionar e analisar os sistemas CAE identificados na revisão bibliográfica em uso no Brasil. Para realizar a análise da aplicabilidade em relação à abordagem do ciclo de vida nestes sistemas, organizou-se os seguintes procedimentos metodológicos:

### **2.2.1 Seleção dos sistemas CAE para discussão;**

### **2.2.2 Análise em relação às características de cada sistema CAE;**

**2.2.3 Identificação em relação às categorias de avaliação com abordagem de CV;**

**2.2.4 Fases de ciclo de vida da edificação utilizadas nas CAE;**

**2.2.5 Correlação dos aspectos e impactos dos principais métodos de caracterização da fase de AICV com as categorias de avaliação dos sistemas selecionados;**

**2.2.6 Discussão dos resultados destas análises.**

### **2.2.1 Seleção dos sistemas para discussão**

Visa selecionar os sistemas de certificação que se aplique a tipologia de edificação habitacional e esteja em processo de uso no Brasil. São levantados os sistemas mais difundidos no contexto brasileiro e após é realizada a seleção para as análises.

### **2.2.2 Análise em relação às características de cada sistema CAE**

Dispõe realizar um mapeamento com cinco itens relacionados a características de cada sistema CAE: categorias de avaliação; aplicabilidade; metodologia de avaliação; complexidade de aplicação e sistema de classificação.

- **Categoria de avaliação da CAE:** identifica quais as categorias de avaliação que cada sistema CAE utiliza para avaliar a edificação submetida ao processo de certificação.
- **Aplicabilidade:** mostra para qual país a CAE foi desenvolvida, se foi desenvolvida levando em consideração as especificidades nacionais, se foi adaptada ao local ou ainda se foi desenvolvida para ser utilizada de forma internacional.
- **Metodologia de avaliação:** indica como se procedem cada etapa a seguir no processo de avaliação, se são realizados por meio da tabulação de dados e como é feito o tratamento dos dados.
- **Complexidade de aplicação:** assinala o grau de dificuldade para aplicação. Se o sistema utiliza de consultor, se utiliza de formulário de checklist ou questionário para cada categoria de avaliação.

- Sistemas de classificação: apresenta os níveis que os sistemas adotam para classificar o desempenho de cada edificação.

### **2.2.3 Identificação das categorias de avaliação com abordagem de CV**

- Identificam-se nos referenciais técnicos de cada CAE selecionada, quais categorias de avaliação abordam o ciclo de vida para materiais, componentes e/ou sistemas construtivos para edificações a serem construídas, que viabilizem o desempenho ambiental dos mesmos. Para isto, considera-se a leitura e interpretação das categorias, subcategoria e critérios de cada CAE para edifícios novos, da seguinte forma:
  - Avaliação da qualidade ambiental;
  - Requisitos normativos;
  - Atestem selos de qualidade de acordo com programas de qualidade ou declarações ambientais dos produtos;
  - Pensamento de ciclo de vida: origem, uso e destinação final.
- A partir das categorias de impacto ambiental identificadas, descreve-se como funcionam os critérios de avaliação de cada categoria: forma de aplicação, pontuação e para qual fase do processo de certificação este critério é válido.
  - Aplicação: determinação de como será realizado o processo de certificação em relação a categoria de impacto;
  - Pontuação: especificação de qual será a pontuação da categoria e se tem critérios de categoria considerados obrigatório. Critérios obrigatórios são pré-requisitos para se chegar a um nível específico da certificação. Critérios de livre escolha são os que apenas pontuam, sem ser pré-requisito para se alcançar um nível específico de certificação.

- Fase do processo de certificação: indicação de qual fase da edificação a categoria de avaliação será considerada no processo.

#### **2.2.4 Fases de ciclo de vida da edificação utilizadas nas CAE**

O ciclo de vida de uma edificação é constituído por processo informativo e físico. No processo físico estão as fases de planeamento e projeto. O processo físico é constituído pelas fases: extração, transporte, fabricação dos materiais, construção, uso e operação, manutenção e desativação. Este item identifica o que as CAE trabalham em cada uma destas fases do processo informativo e físico.

Estas fases de ciclo de vida estão relacionadas, neste estudo, diretamente com os materiais, componentes e sistemas construtivos. A identificação é realizada nas CAE considerando-se a fase em relação a estes itens, para que esta identificação se torne um estudo contínuo sobre o mesmo item no objeto de estudo, a edificação.

#### **2.2.5 Correlação dos aspectos e impactos dos principais métodos de caracterização da fase de AICV com as categorias de impacto dos sistemas selecionados**

Com os dados do levantamento bibliográfico são listados os principais métodos de caracterização da fase de AICV e selecionados os com possibilidades de aplicação global.

Em seguida correlaciona-se as categorias de avaliação de impacto destes métodos com as categorias de avaliação de impacto dos sistemas CAE. Esta correlação é feita por meio da classificação das categorias com abordagem por aspectos e impactos das atividades do processo construtivo da edificação em processo de edificação.

- Os aspectos considerados são: Mudanças climáticas, Consumo dos Recursos, Uso da terra, Uso da água, Toxicidade Humana, Diminuição de Ozônio, Criação de Ozônio Fotoquímico, Ecotoxicidade, Eutrofização, Acidificação.

- Mudanças climáticas: De acordo com o IPCC (*International Panel on Climate Change*) as recentes mudanças do clima estão atribuídas ao aquecimento da terra, o que tem afetado os sistemas físicos e biológicos e conseqüentemente os sistemas naturais e humanos (IPCC, 2007). Os GEE, responsáveis pelo desequilíbrio do sistema climático, distinguem-se por serem acumulativos e irreversíveis, permanecendo dentro da atmosfera por séculos e sendo capazes de intensificar processos que podem durar por muitas gerações (STERN, 2006). Sendo assim as alterações das mudanças climáticas podem ser causadas por processos internos ao sistema terra-atmosfera, por forças externas, por exemplo, variações na atividade solar, ou, pelo resultado da ação humana (CORREA; COMIM, 2008).
- Consumo dos Recursos: Em sua maioria os recursos materiais são escassos em termos econômicos, fornecendo assim a base para determinação de seu valor. Poucos recursos materiais, tais como, vento, sol, energia das marés, são tão abundantes que não podem ser esgotados facilmente. O preço econômico é determinado pelo custo de convertê-lo em formas que podem ser aplicadas a outros usos (por exemplo, parques eólicos, painéis solares, etc.). Esta definição faz com que tudo no campo material seja potencialmente, um recurso material (UNEP, 2011). Para se delimitar os recursos que está se tratando, o consumo dos recursos será focado nas classes principais de biomassa, combustíveis fósseis, minerais industriais e minérios e minerais de construção.
- Uso da terra: É a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. As questões levantadas sobre o uso da terra é de enorme importância na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. São exemplos das conseqüências do mau uso da terra, os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água. Sendo assim, práticas de gestão do território e formas de uso da terra tem

grande impacto sobre os ecossistemas e os recursos naturais incluindo a água e o solo (FERREIRA et al. 2009, PAVAN, 2014).

- Uso da água: Considerando a água um elemento essencial que contribui para a promoção do desenvolvimento e da qualidade de vida, porém, é um recurso finito e vulnerável deve ser utilizado racionalmente (KALBUSCH, 2011). O uso racional da água pode ser definido como "otimização" em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras" (GONÇALVES, 2002). De acordo com Oliveira (1999), o uso racional da água pode ser considerado em três níveis de abrangência: macro (exploração racional dos recursos hidrográficos), meso (sistemas públicos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário), micro (sistemas prediais). Em sistemas prediais o uso de fontes alternativas e de estratégias de uso racional de água é uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água potável e diminuir sua demanda. As estratégias a serem consideradas são o aproveitamento de água pluvial, reuso de águas cinzas, instalação de componentes economizadores de água.

- Toxicidade Humana: Resultante do aumento da concentração de agentes tóxicos provocado pela disposição de rejeitos, ocasionando, conseqüentemente, potenciais danos à saúde humana. Para que isto não ocorra é necessário diluir ou neutralizar a substância tóxica a fim de que seus efeitos não causem danos ao homem (WENZEL; HAUCHILD; ALTING, 1997).

- Diminuição de Ozônio: De acordo com a Convenção de Viena e Protocolo de Montreal sobre proteção da camada de ozônio e substâncias que esgotam a camada de ozônio nos anos 80 e aderido pelo Brasil em 1990, pelo Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (Hidroclorofluorcarbonos), os fabricantes e indústrias estão em cooperação para somar esforços para redução dos índices de vazamentos do fluído HCFCs. Essas substâncias foram produzidas artificialmente em laboratório nos anos 30 e descobriu-se mais tarde que atacam a camada de ozônio, que serve como filtro à radiação ultravioleta do tipo B, que em excesso é nociva à saúde das pessoas e

meio ambiente (provocando câncer de pele, doenças oculares e impactos negativos na fauna e flora). Essas substâncias destruidoras da camada de ozônio estão em quase todos os setores industriais, equipamentos de refrigeração, ar-condicionado e em materiais que utilizam espumas de poliuretano. No setor da construção deve atender a escolha e fabricação de materiais e equipamentos que tenham índices aceitáveis destas substâncias em seu processo.

- Criação de Ozônio Fotoquímico: Por meio de oxidação, componentes orgânicos voláteis (COVs) e solventes são destruídos quando remessados para a atmosfera. Essa reação pode resultar na formação fotoquímica de ozônio (O<sub>3</sub>), na presença de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), com o auxílio da luz solar (ROSSI, 2013). O O<sub>3</sub> é um gás benéfico na estratosfera por proteger a terra da radiação ultravioleta (UV), mas, na troposfera pode causar problemas de saúde aos seres vivos (WENZEL; HAUCHILD; ALTING, 1997).

- Ecotoxicidade: É a equação das condições ambientais versus a atividade biológica, medidas pelos níveis requeridos no processo para proteger a vida aquática (SANTI, 2013). Está inserida no contexto devido à emissão de substâncias como hidrocarbonetos, metais poluentes orgânicos persistentes (POPs) e outros (ROSSI, 2013).

- Eutrofização: Fenômeno causado pelo excesso de nutrientes em uma massa de água ou solo, principalmente por compostos de fósforo e nitrogênio. Estas, por sua vez, fomentam o desenvolvimento dos consumidores primários e eventualmente de outros elementos da teia alimentar desse ecossistema (ROSSI; 2013). O aumento desta biomassa pode levar a diminuição do oxigênio dissolvido, devido à decomposição desses nutrientes, podendo causar a extinção de peixes, diminuição da qualidade da água e do solo e, até ocupação de plantas superiores onde estas geralmente não ocorriam, desequilibrando ambientes (SILVA, 2012a).

- Acidificação: É a designação dada à diminuição do pH nas águas ou no solo, causada principalmente pelo aumento do dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico, favorecendo a acidificação do meio. Ocorre por meio de compostos emitidos e convertidos em ácidos na atmosfera, devido ao ciclo hidrológico (ROSSI, 2013). Como consequência pode ocorrer o desaparecimento de florestas, diminuição de famílias de peixes, corrosão de monumentos arquitetônicos e outros (WENZEL; HAUCHILD; ALTING, 1997).

- As áreas de danos (impactos) consideradas são:
- Saúde Humana: Mudanças climáticas, diminuição de ozônio, toxicidade humana, Criação de Ozônio Fotoquímico;
- Esgotamento de Recursos: Consumo de recursos, uso da água, uso da terra;
- Qualidade do Ecossistema: Consumo de recursos, uso da terra, ecotoxicidade, acidificação, eutrofização.

#### **2.2.6 Discussão dos resultados destas análises**

Apresenta a discussão a partir das informações coletadas nas análises e levantamento bibliográfico de modo a indicar subsídios para aprimoramento da aplicação da técnica de ACV no Brasil em CAE.

Os resultados alcançados durante esta etapa são apresentados no Capítulo 4

.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos e aspectos que caracterizam as análises a serem realizadas nesta pesquisa. A revisão bibliográfica expõe as tendências, vertentes, divergências e perspectivas orientadas aos temas “Desempenho Ambiental”, “Certificações Ambientais de Edificações” e “Avaliação do Ciclo de Vida”.

### 3.1 DESEMPENHO AMBIENTAL (DA)

#### 3.1.1 Histórico ambiental no Brasil e no mundo

A questão do equilíbrio entre o homem e o meio ambiente vem sendo discutida intensamente desde os tempos remotos, quando o homem desenvolveu relação dependente direta com os recursos existentes no meio ambiente. É comum se encontrar em livros de história e geografia que as questões ambientais se tornaram fator de maior preocupação no período da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, na Inglaterra. O crescimento econômico e as perspectivas de riqueza com prosperidade e qualidade de vida, interligado ao uso sem moderação de energia e recursos naturais contribuíram para vasta degradação ambiental. O surgimento dos problemas de crescimento populacional, consumo de recursos renováveis e não renováveis, contaminação das águas, solo e ar, entre outros, tornaram se em evidencia (SILVA; CRISPIM, 2011).

Entre 1810 a 1940, após um século da Revolução Industrial, estudiosos preocupavam-se com a relação homem e meio. Em 1935 surgiu o conceito de Ecossistema pelo ecólogo britânico A. G. Tansley, o qual está baseado em conceitos anteriores, tais como o “superorganismo” de Clements (1916) e a obra de Steven Forber “O Lago com um Microcosmo” pioneira de 1887. Os conceitos se baseavam nas unidades entre os organismos (ODUM, 1985) e se caracterizam por: limites (espaços temporais); fatores e componentes que se influenciam mutuamente;

sistemas abertos, com entradas (luz solar) e saídas (respiração e emigração); e capacidade de resistir e/ ou adaptar-se a distúrbios (ANGELINI, 1999). Nos Estados Unidos destaca-se o parque nacional de *Yellowstone* em 1872, considerado o primeiro do mundo (SILVA; CRISPIM, 2011).

Em 1968 foi fundado o Clube de Roma, como uma associação informal composta por personalidades independentes de política, economia e ciência, apenas homens e mulheres com vistas em longo prazo de contribuir com a melhoria do meio ambiente. A originalidade da visão deste grupo consolidou-se rapidamente e em 1972, suas ideias foram publicadas no relatório "*The Limits to Growth*" [*Limites de Crescimento*, na tradução brasileira de 1973], com mais de 12 milhões de cópias em 30 línguas ao redor do mundo. O relatório demonstrou que existia uma contradição global no crescimento ilimitado e desenfreado dos materiais de consumo. O objetivo do grupo era fomentar em longo prazo nos líderes mundiais e nos responsáveis em tomar decisões relativas à interação entre o desenvolvimento econômico humano e a fragilidade do planeta, o que contribuiu com a criação de Ministérios do Meio Ambiente em inúmeros países (OLIVEIRA, 2012).

Em 1969 os EUA elaboraram o NEPA (*National Environmental Policy Act*), uma lei de política nacional do meio ambiente para assegurar que as agências federais considerassem os impactos ambientais de suas ações e decisões. As agências eram obrigadas a avaliar sistematicamente os impactos ambientais de suas ações propostas e estudar formas alternativas de realizar suas missões menos prejudiciais para a proteção do meio ambiente (NEPA, 1969).

Em 1970 o grupo NRDC (*Natural Resources Defense Council*) é formado por expertise profissional de advogados e cientistas para defender rigorosamente a política ambiental dos EUA. Neste mesmo ano ocorreu o manifesto chamado "Dia da Terra" em todo o EUA para o ensino sobre o meio ambiente com vinte milhões de pessoas (NRDC, 2014).

Na Grã-Bretanha é estabelecido em 1971, o Instituto Internacional para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (*IIED*) com o objetivo de buscar maneiras de fazer progresso econômico sem destruir a base de recursos do meio ambiente.

Em 1971 na Reunião de *Founex*, Suíça foi elaborado um relatório por especialistas no qual constou a observação de que embora a preocupação com o meio ambiente tivesse surgido dos padrões de produção e consumo do mundo industrializado, muitos dos problemas ambientais do mundo eram resultado do subdesenvolvimento

e da pobreza. Este reconhecimento foi fator de persuasão para países em desenvolvimento participarem da Conferência de Estocolmo que aconteceu no ano posterior. Esta discussão de desenvolvimento e ambiente que vinha acontecendo desde o início da década de 1970, destacou-se com o economista Ignacy Sachs, o que levou ao conceito de eco desenvolvimento (RIBEIRO, 2001).

A Conferência de Estocolmo em 1972, realizada em função das ideias publicadas pelo Clube de Roma, foi marcada pela criação do PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), com sede em Nairóbi (Quênia) e a recomendação de que se criasse um Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA). A Conferência discutiu assuntos também sobre a poluição da água e o perigo de crescimento populacional (ARAÚJO, 2007).

Em 1981 a Lei 6.938, PNMA (Política Nacional de Meio Ambiente) criou o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Esta Lei definiu diretrizes para uso do meio ambiente, como a avaliação de impacto, planejamento e gerenciamento, além do zoneamento usando unidades de planejamento das bacias hidrográficas. A PNMA instituiu o conceito de meio ambiente como sendo: *“conjunto de condições, leis influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”* (PNMA, 1981).

No ano de 1983, ocorreu o terceiro grande encontro organizado pela Assembleia Geral da ONU, que criou a CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), coordenada pela ministra norueguesa Gro Haalen Brundtland. Neste encontro foram mostradas as experiências bem sucedidas e mostrou-se alternativas realistas para as deficiências observadas no período de três anos (BERNARDO, 2006).

Em 1986 aprovou-se a Revolução 001 do CONAMA, que criou a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental no Brasil para diversas atividades humanas. As Secretarias de Meio Ambiente obtiveram grande quantidade de dados por meio desta obrigatoriedade (BERNANDO, 2006). No campo jurídico se desenvolvia a legislação voltada para as áreas especiais ou áreas de conservação do meio ambiente (parques e reservas) e também para regulamentação do uso dos recursos naturais (código de mineração e florestal) (BERNANDO, 2006).

Em 1987 a Comissão de CMMAD, também conhecida como Comissão de *Brundtland*, presidida pela Brundtland, apresentou no relatório “Nosso Futuro Comum” o conceito de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem a suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

A partir de 1990 o planejamento ambiental foi incorporado aos planos diretores municipais no campo da gestão urbana no Brasil (PERES; SILVA, 2013).

Em 1992 a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas. Foi debatido em 178 nações temas voltados à conservação do meio ambiente e o Desenvolvimento, conhecida como *Rio 92* ou *ECO 92*. Nesta conferência da CMMAD os países acordaram e assinaram o documento chamado de Agenda 21 global, um programa de ação baseado em 40 capítulos que constituem a mais abrangente tentativa de promover um novo padrão de desenvolvimento sustentável para o século XXI. Esta Agenda 21 definiu-se como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (CIB, 2000).

A Sessão Especial da Assembleia Geral das Nações Unidas, conhecida como *Rio + 5* em 1997, Kyoto, Japão, deixou claro que a implementação da Agenda 21 era deficiente na maioria dos países, particularmente, no que se refere às dificuldades para se alcançar a equidade social e reduzir os níveis de pobreza. As ONGs ambientais haviam se multiplicado, mas não conseguiam articular-se entre si, fossem elas, das áreas ambientais, sociais ou dos direitos humanos (LESTIENNE, 2002).

Em 1997 no Brasil, foi implementada a Lei de Recursos Hídricos (9.433) com basicamente três propósitos: assegurar às futuras gerações e à atual a necessária disponibilidade de água com qualidade de usos diversos; utilizar de forma racional e integrada os recursos hídricos em direção ao desenvolvimento sustentável; preservar e defender contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou uso inadequado dos recursos (Lei 9.433, 1997).

No ano de 1998 a Lei 9.605 de Crimes Ambientais brasileira foi decretada. Esta lei assegura a exploração desde que seja equilibrada dos recursos naturais, nos limites da satisfação das necessidades e do bem-estar da geração presente, assim como de sua conservação no interesse das gerações futuras (Lei 9.605, 1998).

A Lei de Educação Ambiental (9.795) foi decretada no Brasil em 1999, com o intuito de promover conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo nacional, em caráter formal e não formal (Lei 9.795, 1999).

Por meio da Lei 9.985 foi instituído no Brasil o SNUC (Sistema Nacional de Unidade de Conservação) em 2000. O SNUC estabeleceu os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (federais, estaduais e municipais) para proteção integral ou uso sustentável (Lei 9.985, 2000).

Em 2001 a Lei 10.257 denominada “Estatuto das Cidades” estabeleceu normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, do mesmo modo que o equilíbrio ambiental (Lei 10.257, 2001).

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (CMDs), conhecida como *Rio+10*, ocorreu em Johannesburgo, África do Sul em 2002, dez anos depois da *Rio 92*. O objetivo principal da *Rio+10* era pôr em prática o que tinha sido definido na *Rio 92*, com poucas novas propostas. Durante os dez dias de conferência o que ficou destacado foi detalhar um plano de ação global nas áreas que requeriam um esforço adicional para sua implementação para proteção ambiental interligada ao desenvolvimento social e econômico (SEQUINEL, 2002; LESTIENNE, 2002; DINIZ, 2002).

No ano de 2010, no Brasil, a Lei 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta Lei prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, propondo a prática de hábitos de consumo sustentáveis e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (o que tem valor econômico e pode ser reciclado e aproveitado) e, a adequada destinação dos rejeitos (que não tem valor econômico e nem pode ser reciclado ou reutilizado) (MMA, 2010). O gerenciamento de resíduos sólidos e a gestão integrada (incluindo os perigosos) devem ser de responsabilidade de seus geradores direto ou indiretamente, pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado (Lei 12.305, 2010).

No ano de 2012 a *Rio+20* (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável) aconteceu no Rio de Janeiro. Os resultados desta conferência

trouxeram discussões a cerca do que realmente se materializou durante estes vinte anos na tentativa de colocar em práticas o que fato foi planejado entre as nações para com as questões ambientais e o desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES e FONTOURA, 2012).

Atualmente, segundo Castrechini, Pol, e Guárda (2014), o meio ambiente deixou de ser associado somente a natureza e passou a ser predominantemente, associado ao ambiente urbano. O movimento de ambientalistas que antes ficava na esfera mais científica, passou para a esfera política e também mudou em relação a conscientização social sobre as questões relacionadas ao meio ambiente

### **3.1.2 Avaliação de Desempenho Ambiental - ADA**

Baseando-se em Romão (2004) a palavra “avaliação” é a comparação de um objetivo proposto com um resultado obtido. “Desempenho” é o grau de habilidade atingido em relação ao objetivo proposto. Não há um consenso do que se constitui “desempenho”, menos ainda de como avaliá-lo.

O conceito de Desempenho está sujeito a inúmeras variações semânticas e conceituais, embora existam alguns consensos em torno da definição. De forma abrangente, o desempenho pode ser compreendido como esforços empreendidos na direção de resultados a serem alcançados. Uma equação para desempenho é: desempenho = esforços + resultados; ou desempenho = esforços → resultados (MPOG, 2009).

De acordo com Romão (2004) o desempenho deve ser distinguido da eficácia. A eficácia refere-se à avaliação dos resultados do desempenho e está além da influência ou do controle. As medidas de eficácia, embora de grande importância para a organização, são distorcidas por fatores sobre os quais o indivíduo tem pouca influência.

A avaliação de desempenho define-se como um instrumento utilizado para medir o resultado das atividades e das ações que todas as partes envolvidas realizaram durante um determinado período em relação aos seus aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos. Assim a avaliação de desempenho estende-se tanto a uma organização (empresa, governo, instituições), como também para avaliar o desempenho dos processos e até mesmo dos produtos e serviços (ROMÃO, 2004).

A norma ISO 14031 (2015) define a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) como sendo um processo de gestão para analisar o progresso do desempenho ambiental de uma organização por meio de indicadores.

### **3.1.3 Conceito de DA**

De acordo com a ABNT (2004, 2015), DA são os resultados da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais, tendo como aspectos ambientais, os elementos das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Sendo a ADA o processo e um instrumento destinado a auxiliar as decisões da gestão relativas ao DA de uma organização através da seleção de indicadores, recolha e análise de avaliação de informação em função dos critérios de desempenho ambiental, relato e comunicação, e da revisão e da melhoria periódica deste processo.

O desempenho dos produtos e dos processos transformou-se numa questão importante, fazendo com que algumas empresas adotassem maneiras de minimizar seus efeitos no ambiente, na busca da sustentabilidade (REBITZER et.al., 2004).

### **3.1.4 Aplicabilidade de desempenho ambiental na construção civil**

No setor da construção civil, o primeiro sinal da necessidade de se avaliar o desempenho ambiental de edifícios foi a constatação de que mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de “green design” não possuíam meios para verificar o quão “verdes” eram de fato os seus edifícios (SILVA, 2003). Os sistemas de certificação existentes avaliam basicamente o desempenho da construção e funcionamento dos edifícios, de modo a fornecer indicações aos especialistas sobre as diversas áreas analisadas, tais como a sua localização, o seu uso eficiente da água, o seu uso eficiente de energia, a sua qualidade ambiental interna, entre outras (BUENO, 2010).

No contexto internacional, após a guerra de 1945, cresceu a preocupação com a qualidade e o desempenho da construção em larga escala e a necessidade de se padronizar as avaliações e o conceito de desempenho. Dentre as medidas tomadas

a UEATc (União Europeia Agrément) elaborou diretrizes comuns para avaliação técnica e a ISO 6241 – *“Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered”*, que em português (Os padrões de desempenho na construção: princípios para a preparação e fatores deles a ser considerado) propôs os padrões de desempenho ambiental na construção. (SOUZA, 2012).

No contexto nacional, as manifestações em relação à avaliação de desempenho ocorreram na década de 80 com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), o qual formulou critérios mínimos para avaliação de desempenho de habitações com o apoio do BNH (Banco Nacional da Habitação). Em 1988, o IPT juntamente com a FINEP e PBQP publicaram os critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. No ano de 2007, o projeto SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas) entra em vigor para dar suporte à operacionalização de conjuntos de procedimentos reconhecidos por toda a cadeia produtiva da construção civil, mas com objetivo de avaliar novos produtos no setor da construção civil.

No Brasil, na década de 80, o conceito de desempenho começou a ser a normalizado por meio de uma vertente internacional. Em 1992, foi criada uma norma britânica (BS 7543), que versa sobre a durabilidade para edifícios e componentes construtivos abordando o conceito de desempenho. Esta norma guiou os critérios de vida útil e durabilidade da NBR 15575 (edificações Habitacionais – Desempenho) iniciada em 2000 e com nova reformulação em 2013. Atualmente a NBR institui parâmetros técnicos direcionados a projeto e execução de moradias, estabelece as responsabilidades de cada um dos envolvidos (construtores, incorporadores, projetistas, fabricantes de materiais, administradores condominiais e os próprios usuários) assim como aborda conceitos que antes não eram considerados nas normas prescritivas específicas tais como a durabilidade dos sistemas, manutenibilidade da edificação, o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários (ABNT, 2013).

O desempenho ambiental da edificação está relacionado a todos os elementos que compõem esta edificação, considerando uma complexa gama de aspectos ambientais (ZAMBRANO; BASTOS; SLAMA, 2004).

## 3.2 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS DE EDIFICAÇÕES (CAE)

### 3.2.1 Origens

Com maior atenção para o desempenho ambiental a partir da década de 80, a partir do processo de reinterpretação da Agenda 21 nos contextos específicos das diversas agendas locais e setoriais, as políticas públicas passaram a estabelecer pré-requisitos ambientais as diversas atividades econômicas e a demanda por produtos ambientalmente preferíveis cresceu em paralelo (BUENO, 2010; SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001).

As interpretações relevantes no Capítulo 4 da Agenda 21 abordam as métricas para redução de impactos através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo (DU Plessis, 2002, SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001), devido a constatação de que a indústria da construção é a atividade humana que representa maior impacto sobre o meio ambiente. As construções civis modificam a natureza, a função e a aparência de áreas urbanas e rurais além do que as fases do desenvolvimento de uma edificação (construção, uso, reparo, manutenção e demolição) consomem recursos e geram resíduos em proporções que estão aquém da maioria das outras atividades econômicas (SILVA, 2003).

A partir de tais preocupações e em seguida a incorporação de princípios ambientais aos projetos, constatou-se benefícios como eficiência energética e de recursos, uso do terreno a partir de um enfoque ecológico e social, eficiência do transporte e economia local evidente (UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL - USGBC, 2009; BUENO, 2010). Os empreendimentos conceituados como “edifícios ambientais” se difundiram principalmente nos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong e houve a necessidade de avaliar o desempenho ambiental desses países que se autodenominavam como “verdes”. Estes países não possuíam ferramentas para verificar o quão “verdes” eram de fato (BUENO, 2010; SILVA, 2003).

Por outro lado, era de consenso entre pesquisadores e agências governamentais que a classificação de desempenho vinculada aos sistemas de certificação é uma

das maneiras mais eficazes de se elevar o nível de desempenho das edificações e que a evolução nestes níveis mínimos aceitáveis de desempenho dependia de mudanças na demanda de mercado. No entanto, para isso acontecer seria necessário que os empreendedores da construção civil e os usuários tivessem acesso a sistemas relativamente simples que lhes permitissem diferenciar as edificações com melhor desempenho das demais, (SILVA, 2003).

Destas ações, foram surgindo certificações ambientais de edificações em diversos países, com possibilidades de avaliar local, regional e internacionalmente. São exemplos de certificações: LEED™ (desenvolvido para aplicação no contexto norte-americano), GBTool (pode ser aplicado em qualquer local, em virtude da flexibilidade de critérios e ponderações), Green Globes (desenvolvido para aplicação no contexto canadense) e também o AQUA (adaptação do sistema HQE, origem francesa, para o contexto brasileiro) (BUENO, 2010; HILGENBERG, 2010).

Sendo assim pode-se conceituar as CAE como sistemas desenvolvidos para ADA da construção em fase de planejamento; construção / reforma; e operação. Podem ser utilizados para avaliar habitações, condomínios, loteamentos, escolas e unidades comerciais / industriais. As CAE têm o objetivo de fornecer aos especialistas sobre o desempenho ambiental das diversas áreas analisadas da construção (ZAMBRANO; BASTOS; SLAMA, 2004).

Dentre os sistemas de certificação utilizados nacional e internacionalmente estão o AQUA, BREEAM, Casa Azul, CASBEE, DGNB, GBTool, Green Globes, LEED, Nabers, Pimwaq.

### **3.2.2 Características das certificações ambientais de edificações**

A tipologia é considerada em relação a divulgação dos resultados e ao tipo de avaliação.

Em relação à divulgação ao público existem dois tipos de sistemas de avaliação de desempenho ambiental de edificações: de um lado aqueles “orientados para o mercado” e de outro lado aqueles “orientados para pesquisa” (SILVA, 2003). Para os orientados ao mercado, as avaliações são desenvolvidas para serem de fácil acesso aos projetistas ou para receber e divulgar a importância do mercado pela dedicação contínua de melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gerenciamento operacional. Para os orientados a pesquisa, as avaliações evidenciam o

desenvolvimento de uma metodologia com base científica aprofundada com o intuito de colaborar com novos sistemas.

Em relação ao tipo de avaliação existem duas abordagens principais: a quantitativa e a qualitativa (REIJNDERS; VAN ROEKEL, 1999). A avaliação qualitativa se dá por pré-requisitos de pontuação, analisa o empreendimento em questão e o conceitua através de pontuação mínima a máxima. A segunda abordagem é a ACV que avalia através de dados quantitativos de fluxo energético e de matéria.

A seguir são descritas as principais características dos sistemas de certificação mencionados anteriormente.

## **AQUA**

Iniciativa em Paris, do Haute Qualité Environmental (HQE) que leva o conceito de avaliação a diante com a possibilidade de adaptar a avaliação ambiental ao perfil de contexto de cada empreendimento, permitindo que os projetos foquem as realidades de seu entorno e situação. Alta Qualidade Ambiental (AQUA) foi adequada à realidade brasileira a partir da certificação NF *Logement & Démarche* HQE e do “Referencial Técnico de Certificação – edifícios do setor de serviços – Processo AQUA”. A AQUA é definida como um processo de gestão de projeto com o objetivo de obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação, por meio de medidas que reduzam os impactos causados pelo mesmo (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLIN – FCAV, 2013). A AQUA tem os seguintes aspectos:

- implementação de um sistema de gestão ambiental por empreendedores;
- adaptação do edifício habitacional à sua envolvente e ambiente imediato;
- informação transmitida pelo empreendedor aos compradores e usuários das habitações, com adoção de práticas eficientes com respeito ao meio ambiente.

A AQUA também estrutura-se com dois elementos:

- Referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que avalia o sistema de gestão implantado pelo empreendedor;
- Referencial de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) que avalia o desempenho arquitetônico e técnico da construção.

## **BREEAM**

O BREEAM foi criado em 1990, na Inglaterra, como primeiro sistema de certificação de edifícios sustentáveis no mundo e tem seu processo de certificação licenciado pelo BRE *Quality Assurance*.(Garantia de Qualidade). Manuais distintos foram desenvolvidos para projetos internacionais na Europa e nos Países Árabes, porém, quando não há manual definido para certos países, utiliza-se o BREEAM *Bespoke International Process* (Processo “Bespoke Internacional”). No Brasil está sendo utilizado em um empreendimento de oito casas, denominado “Movimento de terras”, localizado na Estrada União Indústria, em Pedro do Rio, município de Petrópolis no estado do Rio de Janeiro. Este sistema com parâmetros personalizados para cada empreendimento permite serem incorporadas normas e regulamentos sobre o local, nas fases de projeto, construção, ocupação e renovação do ciclo de vida de um edifício (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE, 2013). As medidas utilizadas representam uma ampla gama de categorias e critérios específicos para cada novo projeto, com bases também no referencial para “Sustainable Houses”.

## **Casa Azul**

Em 2007 foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), a fim de induzir a utilização das práticas sustentáveis nos empreendimentos. Um dos resultados de suas pesquisas, elaborado por especialistas de várias instituições (USP, UFSC e UNICAMP), foi a elaboração de um sistema de classificação socioambiental de edificações habitacionais (JOHN; PRADO, 2010). Em 2010, esse trabalho resultou no Guia de Sustentabilidade Ambiental Selo Casa Azul, promovido pela Caixa Econômica Federal (JOHN; PRADO, 2010). Este selo tem como objetivo o reconhecimento e incentivo de novos projetos que demonstrem suas contribuições para a redução de impactos ambientais, tais como o uso racional de recursos naturais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais dos

usuários, além da conscientização das vantagens das construções sustentáveis (GRUNBERG, MEDEIROS, TAVARES, 2014).

### **CASBEE**

Desenvolvido no Japão em 2002, trata-se de uma avaliação ambiental para todas as fases do desenvolvimento de projeto (pré-projeto a pós-projeto) de edificações, compreendendo um conjunto de ferramentas.

As categorias que utiliza para avaliar são as chamadas Q (qualidade e desempenho ambiental da edificação – “representa a condição do ambiente avaliado em termos de facilidades para os usuários”) e L (redução das pressões ambientais da edificação – “o impacto ambiental negativo que emana para o ambiente público além de um determinado limite espacial hipotético” no entorno da edificação). A eficiência ambiental da edificação (BEE) é definida por  $BEE=Q/L$  e o resultante desta equação são apresentados na forma de pontuação geral ou representação em gráfico, que pode ser utilizado para rotulagem.

Os aspectos analisados são o consumo de energia, uso cíclico dos recursos, ambiente local e ambiente interno (CASBEE, 2004).

### **DGNB**

O Conselho Alemão de Construção Sustentável, DGNB – (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen eV*) foi fundado em 2007 por 16 iniciadores de várias áreas temáticas no âmbito dos sectores da construção e imobiliário. O objetivo era promover a construção sustentável e economicamente eficiente ainda mais forte no futuro. No ano de 2008 o sistema já possuía 121 organizações e atualmente conta com mais de 1200 membros em todo o mundo (DGNB, 2014). Inicialmente foi desenvolvido para o contexto da Alemanha, hoje já conta com comunidades ativas em países como Brasil, China e Rússia.

No Brasil o selo ainda não tem nenhum empreendimento certificado, apenas algumas tentativas, sem continuidades. O DGNB Internacional está com abertura para projetos piloto no Brasil, que serão tratados em regime especial, com avaliação

das limitantes locais e, conseqüente cooperação para adaptação completa do sistema ao cenário nacional.

O sistema DGNB pode ser aplicado para bairros urbanos e edifícios, sejam estes, novos ou existentes. As categorias com as quais trabalha em sua avaliação são: Qualidade Ambiental, Qualidade Econômica, Qualidade sociocultural e funcional, Qualidade técnica, Qualidade do Processo e Qualidade do local. Estas categorias são avaliadas com base em índice de desempenho, podendo chegar a “certificado” (35%), “bronze” (35% a 50%), “prata” (50 a 65%) e nível máximo “ouro” (65% a 80%) do índice total.

### **GBTool**

O GBTTool é um sistema de avaliação desenvolvido por meio de um processo internacional, iniciado em 1996 pelo grupo *Green Building Challenge* – GBC, com a proposta de critérios hierárquicos, buscando comparativos internacionais, um tipo de consórcio com a participação de mais de 20 países, que seleciona e analisa o desempenho ambiental de edifícios, além dos impactos gerados pelo mesmo (BUENO, 2010; INTERNATIONAL INITIATIVE FOR SUSTAINNABLE BUILT ENVIRONMENT – iISBE, 2009). Utiliza categorias similares as do *Green Globes*, como “Consumo de Recursos” e “Emissões”. Em relação aos outros sistemas, o GBTTool deu um avanço na categoria de crédito “energia primária incorporada em materiais” que avalia essa questão por um inventário de insumos energéticos ao longo do ciclo de vida dos materiais utilizados em um edifício, é uma avaliação com abordagem por atributo, o que faz ele ter uma perspectiva do ciclo de vida (BUENO, 2010).

### **Green Globes**

O *Green Globes* é um sistema de auto avaliação online, disponível para que qualquer usuário possa avaliar o seu próprio edifício por meio de preenchimento de questionários pela internet (BUENO; ROSSIGNOLO; OMETTO, 2013). O sistema de classificação é mantido pelo *Green Building Initiative* – GBI e BOMA (Canadá) é baseado no sistema de certificação BREEAM/ *Green Leaf Suite*, que foi trazido para o Canadá em 1996, o programa foi desenvolvido em 1998, pela *Energy and*

*Environmental Canada* – ECD (BUENO; ROSSIGNOLO; OMETTO, 2013; GREEN GLOBES, 2004; PATRICIO; GOUVINHA, 2005). Este método faz uso da técnica de ACV para avaliar o desempenho de materiais de construção. O Green Globes avalia o consumo mínimo de recursos, utiliza a abordagem por atributos, considera o uso de reciclados e reutilizados no local. O sistema também utiliza dois créditos para a avaliação do desempenho ambiental dos materiais, sendo um estudo de ACV completa, como principal crédito para materiais e sistemas de baixo impacto (BUENO; ROSSIGNOLO; OMETTO, 2013).

## **LEED**

O USGBC (*United States Green Building Council*) criou o sistema (*Leadership and Environmental Design*) LEED em 1998, com o apoio de diversas instituições e contando com a colaboração de órgãos governamentais. O LEED se firmou nos EUA como o sistema de avaliação mais influente e vem “exportando” essa influência para outros países (HERNANDES, 2006).

O LEED possui certificações para diversos seguimentos incluindo o LEED Homes, que é voltado para habitação, no entanto só aplicável nos EUA. Os edifícios habitacionais certificados no Brasil são certificados com o seguimento para novas construções LEED NC (New Construction) ou construções existentes, LEED EB (Existing Buildings) (USGBC, 2009).

Este sistema considera critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de CO<sub>2</sub>, qualidade do interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais e ao final da avaliação. O edifício é certificado em níveis que quantificam o grau de proteção ambiental obtido, independente dos diferentes seguimentos.

## **Nabers**

É um sistema desenvolvido por *Auckland Services Limited*, Universidade da Tasmânia e *Exergy Australia Pty Ltda*, e deriva dos sistemas BREEAM e LEED, além da experiência australiana em sistemas energéticos e ambientais. A avaliação

é realizada em duas partes: uma medida referente ao desempenho do próprio edifício e outra de acordo com o comportamento do usuário ou ocupante e seus níveis de satisfação com o edifício. Dessa forma, podem ser identificadas claramente as questões críticas referentes ao edifício, como aspectos como localização, design, operação e manutenção, bem como para os usuários individualmente. O método avalia os edifícios com base nos impactos operacionais incluindo energia, refrigeração (potencial de degradação da camada de ozônio, por exemplo), água, captação das águas das chuvas e poluição, esgoto, diversidade da paisagem, transporte, qualidade do ar interno, satisfação dos usuários, materiais tóxicos e desperdícios (PATRÍCIO; GOUVINHAS, 2005).

### **Pimwaq**

O Pimwaq é uma certificação criada para avaliar projetos habitacionais experimentais na Finlândia, que utiliza critérios ecológicos para avaliação de desempenho por meio de cinco aspectos: poluição, recursos naturais, salubridade, biodiversidade da natureza e nutrição. As apresentações dos dados de estudo são em forma de tabela de pontos. Em relação à questão de saúde, o sistema trabalha a dimensão ambiental e a social (BEQUEST TOOLKIT, 2001).

## **3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

### **3.3.1 Origens**

Diante da crise do petróleo entre as décadas de 1960 e 1980 surgiram produtos relacionados com as soluções ambientais “*end of pipe*” ou “fim da chaminé”, ou seja, tecnologias que ajudam a filtrar o poluente nos processos de produção e, com soluções de reparação. Alguns estudos envolvendo a ACV tiveram início com forma muito básica em virtude da preocupação criada quando se descobriu que tal recurso era uma fonte esgotável. O termo ecoeficiência tornou-se a palavra de ordem e foi caracterizada por refinação e reformulação de produtos existentes (CHEHEBE, 2002; HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005).

Em 1965 nos EUA, com foco em impactos ambientais de diferentes tipos de recipientes para bebidas, a companhia Coca-Cola teria custeado o estudo para comparar os tipos de embalagem, a fim de identificar o recipiente mais adequado (CHEHEBE, 2002). O foco principal foi o consumo de energia e os recursos naturais, realizado pelo *Midwest Research Institute* – MRI, o processo foi chamado de *Resource and Environmental Profile Analysis* – REPA.

A consciência ambiental na época era caracterizada por uma preocupação particular com o esgotamento de recursos, mostrado anos antes no relatório do Clube de Roma, intitulado “Os Limites do crescimento”, em 1972 (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005). Neste documento denunciava que o crescente consumo mundial ocasionaria um limite de crescimento e um possível colapso (LIMA, 2007), suscitando em uma enorme polêmica quanto a ideologia do crescimento econômico. O documento pôs em questionamento a ideia de que não era possível continuar produção e o consumo de recursos mais do que os estoques de minerais, combustíveis, água potável, solo arável, entre outros recursos, com elevado desperdício, como se não existissem limites para a capacidade de regeneração e assimilação pela natureza dos resíduos produzidos.

Posteriormente, nas décadas de 1970 e 1980, com os desastres de Bhopal e Chernobyl, respectivamente, vazamento em uma fábrica de pesticida na Índia e explosão de reator nuclear, na então União Soviética, cresceu uma conscientização ambiental na Europa (HASELBACH, 2009). Vários países europeus encomendaram análises do consumo de recursos e emissões ambientais para diversos tipos de embalagens de bebidas (latas de cerveja e pacotes de leite). Os estudos chegaram a conclusões diversificadas sobre qual sistema tinha o menor impacto ambiental, mesmo a tecnologia de embalagens sendo semelhantes. A partir destes estudos comparativos, tornou-se claro que a ACV precisaria ter maior credibilidade e servir como apoio a tomada de decisão aos interessados. O desenvolvimento de partes centrais da metodologia e um consenso de utilização internacional eram primordiais (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005).

Em paralelo com esses acontecimentos em 1979 foi fundada a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* – SETAC na América do Norte uma organização profissional sem fins lucrativos, com o objetivo de realizar uma

comunicação interdisciplinar entre cientistas-biólogos, químicos, toxicologistas, bem como cientistas e engenheiros ambientais e outros interessados em questões ambientais.

No contexto atual, a SETAC tem grupos de trabalho em todo o mundo. Um dos campos que trabalha é a ACV, o qual deu grandes avanços em questões metodológicas por conta desta sociedade. Um dos documentos que a SETAC publicou foi o denominado “*Guidelines for Life-Cycle Assessment: ‘A Code of Practice’*”, destinado a “[...] fornecer diretrizes para realizar e relatar estudos de ACV, de forma responsável e consistente” (SETAC, 1993). A partir deste documento e discussões subsequentes, de 1997 a 2000, a *International Organization for Standardization* – ISO desenvolveu a série de Normas ISO 14040, que padronizou as etapas e diretrizes para aplicação da ACV, seguida pelas ISO 14041:1998, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000. Atualmente, com a criação de grupos de pesquisa na área e o estabelecimento da UNEP (*United Nation Environment Programme*) sobre a Iniciativa do Ciclo de Vida (*Life Cycle Initiative*), busca-se aprimorar a técnica e reduzir as incertezas envolvidas em suas diversas etapas, principalmente no âmbito regional (SOUZA, 2010).

A harmonizada normalização do uso da metodologia, o aumento da credibilidade dos resultados e a virada do milênio, generalizou o uso da ACV entre o governo e a indústria nos países mais industrializados da Europa, Norte da América e Ásia. Atualmente, as indústrias usam ACV focando e comparando as alternativas no produto em desenvolvimento para divulgação ao público, à tomada de decisão em gestão ambiental e para o governo.

A fim de padronizar o tipo de informações e possibilitar seu compartilhamento, a União Europeia possui um projeto de harmonização: a Plataforma Internacional do Ciclo de Vida, na qual o Brasil tem participação (UNEP/SETAC, 2005).

### **3.3.2 Conceito**

A partir das leituras realizadas para este estudo elencou-se alguns conceitos dos estudiosos no assunto ACV.

A ACV, originalmente definida pela SETAC (1991), como sendo:

processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e

quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia e matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso, manutenção; reciclagem e disposição final (sic).

Para Chevalier e Le Téo (1996), a ACV é um modelo conceitual que ainda está evoluindo e envolve duas fases: a fase de produção de dados, compreendendo a definição da meta, inventário e os estágios de classificação e, a fase de utilização de dados, que inclui uma etapa de avaliação, cujo objetivo é avaliar um produto de qualidade ambiental global, e uma confiabilidade dos resultados e análise de aprimoramento do produto.

Segundo Chehebe (1997), a ACV é uma ferramenta para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados aos produtos, que são considerados desde a retirada da natureza das matérias-primas que entram no processo produtivo (berço) até o produto final (túmulo).

De acordo com Caldeiras-Pires et al. (2005), a ACV consiste em uma metodologia científica, que utiliza multicritérios, abrangendo análises ambientais, econômicas e sociais de forma quantitativas com a máxima precisão do quanto está sendo gasto de matérias-primas e de energia de um determinado produto, processo ou serviços.

Em 2006, a NBR ISO 14040 padronizou a ACV como uma metodologia que avalia ambientalmente um produto, bem, processo ou atividade em todas as suas etapas, desde a extração da matéria prima utilizada, passando pelos processos produtivos para a sua obtenção, transportes e utilização até a etapa de reuso, reciclagem ou disposição final dos seus resíduos – avaliação ambiental do berço-túmulo.

Nos estudos de Pegoraro (2008), a ACV é uma metodologia empregada para avaliar o desempenho ambiental de um dado produto, processo e ou atividade econômica, pois considera uma grande quantidade de aspectos ambientais desde a extração dos recursos naturais até o retorno dos mesmos ao meio ambiente. Para Sousa (2008), a ACV é uma ferramenta técnica utilizada para o estudo das cargas

ambientais associadas aos diversos estágios de um sistema de produto, pelo levantamento e quantificação da energia e dos materiais necessários (entradas) e dos resíduos e emissões liberados ao meio ambiente (saídas).

Para Finnveden et al. (2009), a ACV é uma ferramenta para avaliar os impactos ambientais e os recursos utilizados ao longo do ciclo de vida de um produto, ou seja, desde a aquisição de matérias-primas, por meio de fases de produção e de uso, à gestão de resíduos.

Com a atualização da NBR ISO 14040 e 14044 ambas em 2009, conceituam a ACV como sendo uma técnica que enfoca os aspectos ambientais e os impactos ambientais potenciais (uso de recursos naturais, incluindo o solo e as consequências de liberações para o meio ambiente) ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde a aquisição das matérias-primas, passando pela produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final.

Para Rocha e Ugaya (2010), a técnica é eficaz para avaliação dos impactos ambientais associados a um produto ou serviço desde a extração até o descarte.

De acordo com Macedo (2011), a ACV é uma ferramenta utilizada para análise dos impactos ambientais dos materiais de construção, por meio da avaliação do comportamento ambiental do material do “berço” ao “túmulo”.

Para Piekarski et al. (2012), a ACV avalia os aspectos e impactos potenciais associados a produtos, processos e serviços mediante a associação dos dados do inventário do ciclo de vida a categorias de impacto específicas, num processo que consiste na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV).

Neste estudo foi utilizado o conceito que ACV é uma técnica de avaliação ambiental para produtos, processos ou atividades. Esta técnica identifica e quantifica os fluxos de energia e materiais ao longo de toda a vida destes produtos, processos ou atividades. Em um estudo de ACV pode ser calculado para uma operação unitária ou para todo o processo de produção, desde a extração da matéria-prima necessária ao processo produtivo, passando pelo transporte, utilização e até o descarte pós-uso, considerando o seu desempenho ambiental ao ser descartado, reutilizado ou revalorizado.

### 3.3.3 Estrutura metodológica da ACV

De acordo com a ABNT (2009a), a ACV possui quatro fases principais: definição do objetivo e escopo, análise de Inventário, avaliação de Impacto e interpretação. Na Figura 1 mostra-se a interação dessas fases de ACV.

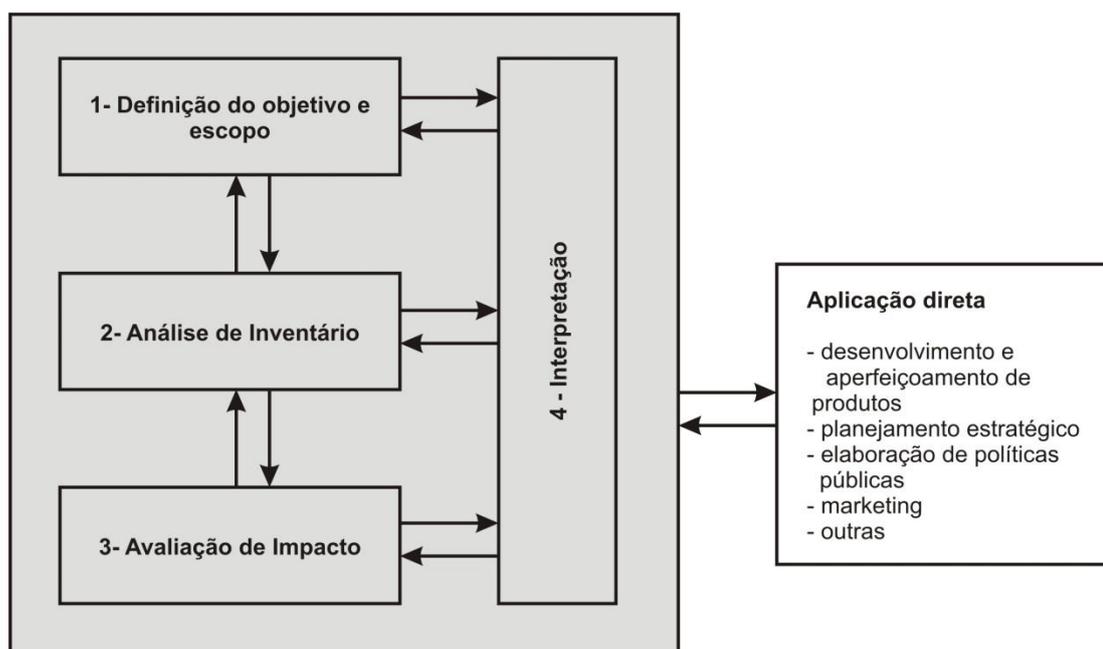


Figura 1 – Interação das fases de ACV  
Fonte: ABNT (2009a)

Para descrever as fases de uma ACV será utilizado como referência o guia geral para ACV, usado pelos maiores estudiosos no assunto, denominado *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment* (EC-JRC, 2010a) com a missão de fornecer suporte técnico e científico aos profissionais.

#### A fase do objetivo e escopo

Na fase do objetivo é definida a aplicação pretendida, métodos, afirmações e limitações de impacto, razões para levar adiante o estudo e as decisões de contexto. Além disso, define-se o público alvo, quais comparações que pretendem ser abertas

ao público, qual a comissão de estudo e quais os atores influentes. Em um estudo de ACV o objetivo é definido inicialmente por meio da função ou serviço que devem ser fornecidos.

O escopo do estudo por sua vez, é a fronteira do sistema do produto, processo ou atividade (tipos de entradas e aplicações). Este escopo pode ser tecnológico ou temporal e os seus parâmetros são definidos na avaliação. Se o estudo é comparativo, como a maioria das aplicações de ACV são, para uma justa aferição, é essencial que os sistemas os quais estão em comparação forneçam efetivamente a mesma função ao usuário. A função a ser fornecida pelo sistema deve ser meticulosamente descrita em termos qualitativos e quantitativos na unidade funcional que define o fluxo de referência do estudo. Ainda no escopo deve ser realizado um quadro inicial de modelagem do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), os critérios decorrentes das fronteiras do sistema e o corte do estudo, quais são as bases de pontos “*midpoints*” e “*endpoints*”, a capacidade dos dados de ICV para representar os impactos ambientais de um sistema por meio da representatividade (tecnológico, geográfico ou temporal) ou adequação (processo verdadeiro do sistema analisado).

### **A fase de análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV)**

A fase de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) requer coleta de dados, aquisição e modelagem do sistema que devem ser realizados de acordo com o objetivo, satisfazendo os requisitos do escopo. Esta fase é realizada por meio de processos iterativos:

- **Identifica-se o processo dentro do limite do sistema**

Estes processos podem ser de modelagem atribucional ou consequencial.

A modelagem atribucional visa representar a realidade do processo do sistema analisado e as fases do ciclo de vida.

A modelagem consequencial visa processos que são afetados por “grandes” mudanças.

- **Planejamento da coleta de dados**

Neste planejamento é feita a coleta dos dados do sistema de primeiro plano, dos dados dos modelos atribucionais e consequenciais, dos dados médios plurianuais ou

dados genéricos, das fontes de dados primárias e secundárias, foco na maioria dos dados e das informações relevantes.

- **Coleta da unidade de processo dos dados do ICV**

Na coleta da unidade de processo inicia-se com a orientação principal da coleta de dados bruta para a obtenção dos processos unitários. Primeiramente, é feita a coleta de dados básicos para processos unitários; descreve-se o que o processo unitário modelado representa; tipos de informação e dados específicos; atribui-se valor de referência do fluxo de referência, representa-se as condições de operação; verifica-se os limites legais; lista-se os tipos de entradas e saída de fluxos de coletas; os futuros processos e fluxos elementares, o caráter global dos métodos de provisões para tipos de processos específicos.

- **Desenvolvimento de dados de ICV genéricos**

Os desenvolvimentos de dados de ICV, especialmente, ocorrem onde dados médios ou específicos não estão disponíveis, normalmente devido a restrições no acesso a dados ou orçamento.

- **Seleção de coleta de dados de ICV secundária**

A seleção de dados secundários são os dados que não são baseados em medições do respectivo processo. A coleta de dados secundários é derivada de patentes secundárias que não são as do sistema, mesmo que sejam as do próprio operador do processo, estes dados secundários devem estar claramente identificados no processo de inventário.

- **Média dos dados de ICV**

A média é realizada incluindo o desenvolvimento da produção, fornecimento e consumo de misturas.

- **Modelagem do sistema**

Na modelagem, as lacunas de dados relevantes devem ser preenchidas metodologicamente, as de baixa relevância devem ser apresentadas com conjuntos de dados suficientemente consistentes cumprindo os requisitos de qualidade global. Existem duas abordagens principais nas ferramentas de software amplamente utilizadas: as abordagens de fluxo de processo e as abordagens da matriz. Na primeira a conexão é feita manualmente ou semiautomática por meio das entradas e saídas do produto e os fluxos de resíduos do mesmo. Na segunda a conexão é feita

automaticamente, desde que todos os conectados, fluxos de resíduos nas entradas e saídas do processo do produto sejam de nomes idênticos.

Para todos os processos os parâmetros são definidos e parametrizados.

- **Multifuncionalidade dos processos em modelagem atribucional**

Os casos de multifuncionalidade têm de estar de acordo com o objetivo do estudo. Isto significa que não há uma livre escolha entre alocação ou substituição, mas o objetivo do estudo que define a abordagem que é teoricamente apropriada.

- **Cálculo dos resultados de ICV**

Os cálculos dos resultados são a soma das entradas e saídas de todos os processos dentro dos limites do sistema. Se estes sistemas são inteiramente modelados, apenas o fluxo de referência (produto final) e os fluxos elementares permanecem no inventário.

### **A fase de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV)**

Nessa fase de AICV os resultados coletados são avaliados e relatados no inventário. As entradas e saídas dos fluxos elementares são traduzidas em resultados de impacto de indicadores e os impactos potenciais são analisados, tais impactos podem ser causados por intervenções que cruzam a fronteira entre a tecnoesfera e a ecoesfera que muitas vezes acontecem nas etapas de destino e exposição final.

A AICV prepara a entrada adicional para a fase de interpretação do estudo, Esta é dividida em elementos obrigatórios e elementos opcionais. Os elementos obrigatórios são: seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização (sendo este último a ser analisado com maior abrangência, neste estudo) e os elementos opcionais são normalização, agrupamento e ponderação.

Para a avaliação de uma edificação recomenda-se utilizar indicadores para verificar categorias de impacto tais como: consumo de materiais, consumo de energia, consumo de água, geração e liberação de resíduos, uso e ocupação do solo e qualidade do ar interior (KLEIN, 2002).

### **A fase de interpretação**

Nessa fase avalia se os resultados da análise de inventário e avaliação de impacto para selecionar o produto preferido, processo ou atividade com uma compreensão

clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados. É um procedimento iterativo e sistemático por meio de três elementos:

- identificação dos pontos significativos que pode ser: categorias dos dados de inventário, tais como, energia, emissões, resíduos, entre outros;
- avaliação de plenitude, sensibilidade e consistência;
- as conclusões, recomendações e relatório.
- A partir da estrutura metodológica da ACV mostrada anteriormente, este trabalho centraliza na fase de AICV

### **3.3.4 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)**

Uma das fases considerada importante para a interpretação dos resultados da ACV é a AICV. Nesta fase são utilizados métodos de avaliação ou caracterização que consideram os impactos ambientais globais e ou relativos a regiões específicas (PEGORARO, 2008). Esses métodos podem variar os modelos de caracterização, as categorias de impacto disponíveis para a avaliação e o alcance final dos resultados (ZANGHELINI et al., 2012). Em sua maioria, esses métodos são desenvolvidos na Europa e suas aplicações factíveis em todo o mundo (MENDES, 2013).

#### **3.3.4.1 Fatores de caracterização**

Na fase de AICV as substâncias são avaliadas de acordo com sua capacidade de gerar impactos ao meio ambiente, ou seja, após sua emissão, elas podem agir diretamente sobre o meio e/ou sofrer transformações que podem gerar consequências sobre a saúde humana, a qualidade do meio e na disponibilidade de recursos. A isto chama-se a “lei da causa e efeito” (JOLLIET et al., 2010; SOUZA, 2010). A causa são os aspectos ambientais que interagem com o meio ambiente, e os efeitos são as alterações biológicas, físicas e químicas, associados a uma dada categoria de impacto, que podem ocorrer entre os resultados do ICV e os

indicadores intermediários e/ou ao (s) ponto (s) final (is) de uma categoria (ABNT, 2004).

Ao realizar a etapa de AICV são sugeridos os elementos obrigatórios e os elementos opcionais, (ABNT, 2009b). O Quadro 1 apresenta os elementos obrigatórios e opcionais para a etapa de AICV.

<b>Elementos Obrigatórios</b>	Seleção das categorias de impacto
	Classificação
	Caracterização*
<b>Elementos Opcionais</b>	Normalização
	Agrupamento
	Ponderação

**Quadro 1 – Etapas de AICV**  
Fonte: ABNT (2009b)

Neste estudo, analisou-se o elemento obrigatório Caracterização\*, para correlacionar os critérios utilizados pelas certificações ambientais.

O potencial de impacto para cada categoria é o valor agregado das trocas ambientais multiplicadas pelos respectivos fatores de equivalência, os chamados “fatores de caracterização”. Na fase de caracterização da AICV, os fatores de caracterização são calculados de acordo com seu potencial de impacto.

Portanto, ao se escolher um ou mais métodos de caracterização para a fase de AICV deve-se levar em consideração as categorias de impacto, os indicadores destas categorias e os fatores de caracterização utilizados nestes métodos. O Quadro 2 exemplifica os termos definidos nos elementos obrigatórios da AICV.

Para cada substância, o caminho da resposta para a causa esquemática necessita ser desenvolvida para descrever o mecanismo ambiental da substância emitida. Ao longo deste mecanismo ambiental, o resultado do indicador de categoria pode ser escolhido, quer seja em nível “*midpoint*” ou em “*endpoint*”.

<b>Termo</b>	<b>Exemplo</b>
Categoria de impacto	Mudança climática
Resultados do ICV	Quantidade de gases de efeito estufa por unidade funcional
Indicador de categoria	Forçamento radiativo infravermelho
Resultado do indicador de categoria	Kg CO2 – equivalentes
Fator de caracterização	Potencial de aquecimento global para cada gás de efeito estufa (Kg CO2 – eq / Kg gás)

**Quadro 2 – Exemplos dos termos definidos nos elementos obrigatórios da AICV**  
**Fonte: ABNT (2009b)**

### **Caracterização intermediária – *midpoint***

O “*midpoint*” ou abordagem orientada ao problema traduz impactos em termos ambientais, tais como as alterações climáticas, a acidificação, toxicidade humana, e outros.

A caracterização intermediária, as entradas do sistema são multiplicadas por seus respectivos fatores de caracterização, de forma a se obter o resultado do indicador de impacto (SOUZA, 2010). A Equação 1 representa a fórmula geral para o cálculo do indicador de impactos.

$$I_i = \sum_s FI_{s,i} \cdot M_s \quad (1)$$

onde  $I_i$  é o resultado do indicador para a categoria  $i$ ;  $FI_{s,i}$  representa o fator de caracterização intermediário para a substância  $s$ , na categoria  $i$ ; e  $M_s$  é massa ou quantidade de substância  $s$ . O fator de caracterização intermediário,  $FI_{s,i}$ , exprime a contribuição e importância de cada uma das substâncias em uma categoria específica, em relação à substância de referência daquela categoria (JOLLIET et al., 2010).

### **Caracterização de danos – endpoint**

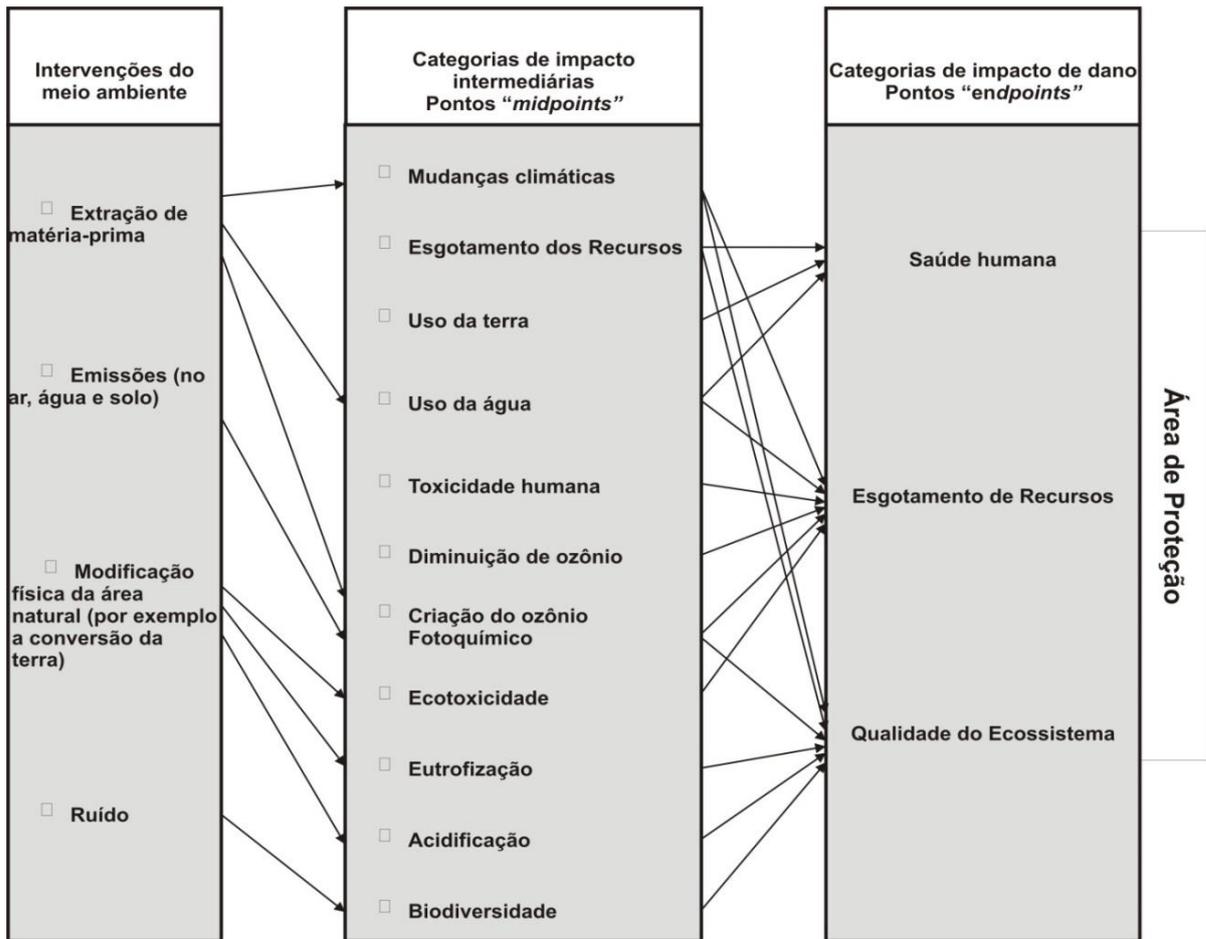
A categoria de impacto por “*endpoint*”, também conhecida como a abordagem orientada ao dano, traduz os impactos ambientais em questões de interesse, tais como a saúde humana, meio ambiente e recursos materiais.

Na caracterização de danos (“*endpoint*”), permite avaliar a contribuição ambiental de cada uma das categorias intermediárias em relação a uma ou diferentes categorias de danos, como mostrado na Equação 2.

$$D_d = \sum_i FD_{i,d} \cdot I_i \quad (2)$$

na qual o  $D_d$  é o resultado do indicador de danos;  $FD_{i,d}$  é o fator de caracterização de danos da categoria  $i$  em relação à categoria de dano  $d$ ; e  $I_i$  é o resultado do indicador intermediário para a categoria intermediária  $i$ . Exemplificados na Figura 2.

A UNEP (2011) relacionou as principais intervenções correlacionadas com os “*midpoints*” e os “*endpoints*” mostrados na Figura 2.



**Figura 2 – Principais Intervenções do meio ambiente correlacionadas com os efeitos ambientais e as áreas de proteção**

Fonte: adaptado de United Nation Environment Programme (2011)

### 3.3.4.2 Ferramentas de análise para estudos de ACV

Com a implementação das normas ISO 14000, a ACV foi formalizada. Essas normas são susceptíveis de certificação, estabelecem orientações para a constituição dos inventários considerando os limites dos estágios do ciclo de vida, unidades dos processos e entrantes e efluentes. Também propõem estudos comparativos de resultados, procedimentos para cálculos, coletas de dados e interpretações. As orientações evidenciam a necessidade primordial de uma infraestrutura de base informacional constituída sobre critérios de integralidade, confidencialidade e disponibilidade, além de caracterizar um complexo do trato da informação (GOMES, 2011). Como mostrado anteriormente as fases de ACV precedem informações sobre os limites do sistema, sobre as metas e métricas da análise, sobre o nível de

detalhamento e os atributos dos dados coletados. As ferramentas de análise são necessárias para a realização do estudo de ACV juntamente com o método escolhido a ser utilizado como base de dados. Segundo uma análise de mercado básica, no Quadro 3 são mostradas as ferramentas de análise mais utilizadas comercialmente, tais como, Umberto, SimaPro, BEES, Gabi, TEAM e LCA it.

Software	Origem	Fabricante	Licenças	Database modulares
<b>BEES 3.0</b>	EUA	NIST	200	230
<b>GaBi 4.0</b>	Alemanha	IKP PE	220	2500
<b>LCA it</b>	Austrália	Ekologiks	100	106
<b>Umberto 6.1</b>	Alemanha	Ifu Hamburg GmH	700	2700
<b>SimaPro 6.0</b>	Holanda	Pré consultant	300	300
<b>Team 4.0</b>	França	Ecobilan	90	7000

**Quadro 3 – Ferramentas de análise de ACV mais utilizadas comercialmente**  
**Fonte: Autora**

O software **BEES** realiza um procedimento sistemático para mensurar e avaliar os impactos que um produto ou material utiliza uma grande quantidade de fluxos e um banco de dados extensos (BEES, 2013).

O Software **GaBi** constroe balanços de ciclo de vida. O GaBi possibilita uma análise estruturada e complexa, além disso possui problemas de ordem técnicas como falta de praticidade na operacionalização, necessitando de um especialista para realizar um estudo completo e atender a todos os pontos exigidos pela ferramenta (GABI, 2013).

O software **LCA it** (*Life Cycle Assessment it*) possui uma base de dados incluindo fatores de caracterização e de ponderação. Os dados de ACV neste software são documentados de acordo com o formato SPINE, permitindo comunicar a informação a outras partes eletronicamente, de forma transparente e rápida. Os dados, incluindo a documentação, podem ser exportados ou importados de outros softwares. Os fluxos do processo e fatores de análise de impacto podem ser importados de qualquer planilha de cálculo ou programa de análise de impacto ou programa de processamento de texto.

O software **Umberto** modela, calcula e visualiza materiais e sistemas de energia. Facilidade de uso e apresentação de resultados claros em forma de gráficos diagramas ou tabelas (UMBERTO, 2010).

O software **SimaPro** recolhe os dados, modela e analisa os ciclos de vida complexos de produtos e serviços, de forma sistemática e transparente, de acordo com os princípios da norma ISO 14040, (SIMAPRO, 2007).

O software **Team** seleciona e defini as entradas e saídas dentro do menor nível de processo ou unidade usando a barra de ferramentas do software. Os fluxos podem ser definidos por valores ou variáveis e equações. As unidades estão associadas com cada uma das variáveis e podem ser definidas pelo usuário.

#### **3.3.4.3 Métodos de caracterização**

No Brasil houve tentativas de estudos nesse sentido de aprimorar os fatores de caracterização voltados para o contexto nacional. O trabalho de Pegoraro (2008) propôs desenvolver um método para cálculo de fatores de caracterização a serem utilizados na AICV realizada no Brasil, o modelo proposto contemplou a categoria de impacto, Toxicidade Humana. A verificação do modelo foi realizada com os fatores de caracterização de uma substância cancerígena (hexaclorobenzeno) e outra não cancerígena (naftaleno) em situação fictícia. Os resultados mostraram a viabilidade do desenvolvimento desses fatores de caracterização para outras substâncias químicas para o Brasil.

Outra pesquisa com o intuito de melhoria para o contexto nacional foi o trabalho de Souza (2010), no qual foi proposto um modelo de caracterização de impactos do uso da terra, segundo indicadores de biodiversidade, em AICV para o Brasil. O modelo utilizou dois grupos potenciais de indicadores, espécies e ecossistemas para o cálculo de fatores de caracterização para ecorregiões brasileiras.

Uma pesquisa relevante neste sentido foi a de Pavan (2014), o qual teve o objetivo de analisar a aplicabilidade e a regionalização dos principais modelos de caracterização de impactos do uso da terra para a ACV no Brasil. Uma das contribuições do trabalho refere-se a seis modelos de aplicabilidade global, que apresentam robustez científica e relevância ambiental satisfatória para a avaliação

dos impactos nos serviços ecossistêmicos e na biodiversidade. Por outro lado ainda existe o desafio da regionalização de modelos de caracterização para impactos do uso da terra sobre os serviços ecossistêmicos no panorama da ACV (PAVAN, 2014) De acordo com uma pesquisa realizada por Souza (2010), existe um número representativo no Brasil de estudos entre teses e dissertações referentes ao tema ACV, AICV e ICV, em sua maioria para a aplicação da ferramenta em estudos de caso e pouco estudo de viabilidade das melhorias da ferramenta ACV no contexto nacional, como mostra o Quadro 4.

<b>Método de AICV</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Origem</b>	<b>Ano</b>	<b>Aplicabilidade</b>
Swiss Ecoscarcity	Suíça	E2+ESU-services	1990	Global e Suíça
CML 2002	Holanda	CML	1992	Global e Europa
EDIP97 –	Dinamarca	DTU	1997	Global
EDIP2003	Dinamarca	DTU	1997	Global e Europa
Eco-indicator 99	Holanda	PRé	1999	Global, Europa e Suíça
ReCiPe	Holanda	RUN+PRé+ CML+ RIVM	2000	Global e Europa
ESP 2000	Suécia	IVI	2000	Global
IMPACT 2002+	Suíça	EPFL	2002	Europa
LIME	Japão	AIST	2003	Global e Japão
TRACI	USA	US EPA	2003	Global, América do Norte e EUA
LUCAS	Canadá	CIRAIG	2005	Global e Canadá
USEtox	França	UNEP-SETAP	2005	Global
MEEuP	Holanda	VhK	2005	Europa
Impact World+	Canadá, EUA, Dinamarca, Suíça	CIRAIG, Ann Arbor, Quantis, DTU, EPFL e Cyleco	2012	Global

**Quadro 4 – Métodos de AICV**

**Fonte: JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION – EC – JRC (2010a); MENDES (2013)**

Para este estudo foram levantados os principais métodos utilizados mundialmente e as características dos mesmos, são eles: Swiss Ecoscarcity, CML 2002, EDIP97, EDIP2003, Eco-indicator 99, ReCiPe, EPS 2000, IMPACT 2002+, LIME, TRACI, LUCAS, USEtox, MEEuP, Impact World+. Após são selecionados os métodos com aplicabilidade global de forma a elencar posteriormente as categorias de impacto ambiental para serem analisadas no âmbito das categorias das CAE.

### **Swiss Ecoscarcity**

Swiss Ecoscarcity ou Ecological Scarcity é um método que usa eco fatores ao invés de fatores de caracterização para cálculo dos potenciais de impacto (MENDES, 2013). Foi desenvolvido em 1990 na Suíça e atualizado em 1997 e 2005. Os fatores ecológicos inicialmente foram desenvolvidos para a região da Suíça e então, expandidos conjuntos de eco fatores para países como Bélgica e Japão (UNEP, 2010).

As categorias de impacto tem abordagem combinada de *midpoint* e *endpoint* com aplicabilidade global para as categorias Mudança climática e Depleção de ozônio e aplicabilidade regional para a Suíça para as categorias Formação de oxidantes fotoquímicos, Efeitos respiratórios, Emissões para o ar, Emissões para água de superfície, Câncer proveniente de radionuclídeos emitidos no mar, Emissões para águas subterrâneas, Emissões para o solo, Resíduos, Consumo de água, Consumo de areia / cascalho, Fontes de energia primária, Disruptores endócrinos, Perda de biodiversidade por uso da terra (EC-JRC, 2010a).

### **CML 2002**

O método holandês *Centrum voor Milieukunde van de Universiteit Leiden* (CML) foi desenvolvido em 1992, em parceria com a Organização Holandesa para Pesquisa Científica Aplicada (TNO) e com o Escritório de Combustíveis e Matérias-Primas (Bureau B & G), (GUINÉE, 2001). O CML tem categorias de impacto com abordagem *midpoint* as quais alcançam todas as emissões e recursos relacionadas

aos impactos para os quais práticas e modelos de caracterização aceitáveis estão disponíveis (GUINÉE et al., 2001).

O método tem aplicabilidade global para quase todas as categorias, são elas: Depleção de recursos abióticos, uso da Terra, mudança climática, depleção do ozônio estratosférico, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha), ecotoxicidade terrestre, eutrofização (MENDES, 2013). Outras categorias dependendo dos requisitos de estudo, como: perda de função de suporte à vida, perda de biodiversidade, impactos da radiação ionizante, mau cheiro de ar, ruído, calor residual, acidentes, letal, não letal, depleção de recursos bióticos, dessecação, mau cheiro da água. As categorias formação de foto-oxidantes e acidificação são aplicáveis ao contexto europeu (EC-JRC, 2010a; GUINÉE et al., 2001).

## **EDIP**

Método desenvolvido na Dinamarca por meio do programa Danish EDIP da Universidade Técnica da Dinamar (DTU), cinco indústrias dinamarquesas, Confederação das Indústrias Dinamarquesas e a Agência de Proteção Ambiental Dinamarquesa, financiado pelo Ministério do Meio Ambiente da Dinamarca, *Environmental Design of Industrial Products* (EDIP 97) primeira versão (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997).

O EDIP 97 tem aplicabilidade global nas categorias de impacto Aquecimento Global, Depleção de ozônio, Acidificação, Enriquecimento de nutrientes, Formação de ozônio fotoquímico, Toxicidade humana, Ecotoxicidade, Consumo de recursos, Ambiente de trabalho. A versão posterior de 2003, o EDIP 2003 tem categorias em sua maioria de aplicabilidade para a Europa: Acidificação, Eutrofização terrestre, Eutrofização aquática, Formação de ozônio fotoquímico, Toxicidade humana, Ecotoxicidade e ruído. As categorias de impacto Aquecimento global e depleção de ozônio tem aplicabilidade global.

A abordagem do EDIP 97 e EDIP 2003 são *midpoint* desenvolvido para dar suporte às análises ambientais de produtos industriais em desenvolvimento e fornecer fatores de caracterização espacialmente diferenciados (MENDES, 2013).

## **Eco-indicator 99**

Método holandês desenvolvido como parte da Política Integrada de Produto do Ministério Holandês de Moradia, Planejamento Espacial e Ambiental (VROM). Sua primeira versão foi o Eco-Indicator 95, amplamente utilizado por projetistas e em empresas. Utilizava abordagem de distância entre o valor atual do efeito e o ideal. Esta questão foi criticada por especialistas da área e também por não contabilizar alguns aspectos ambientais (GOEDKOOOP, SPRIENSMA, 2001).

A versão Eco-indicator 99 introduz abordagem em função dos danos (*endpoint*), apresentando relação entre o impacto e os danos para a saúde humana ou ecossistema. As categorias de impacto tem aplicabilidade em sua maioria para a Europa: Carcinogênicos, Inaláveis orgânicos, Inaláveis inorgânicos, Radiação ionizante, Ecotoxicidade. Para a aplicação regional da Holanda tem a categoria Acidificação e eutrofização combinadas e além destas, tem a categoria Uso da terra aplicável a região da Suíça. As restantes categorias tem aplicabilidade global, tais como: Mudanças climáticas, Depleção da camada de ozônio, Recursos minerais, Recursos fósseis.

## **ReCiPe**

O método ReCiPe holandês, foi desenvolvido em 2000 partir dos métodos Eco-indicator 99 e CML 2002. A abordagem das categorias são *midpoint* e *endpoint* em uma estrutura comum, na qual ambos os indicadores possam ser usados, de acordo com o que os especialistas em ACV almejavam (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001). As categorias de impacto avaliadas pelo método com aplicabilidade global são Mudança climática, Depleção de ozônio, Esgotamento de recursos fósseis, Esgotamento de recursos minerais, Esgotamento de recursos de água doce. As categorias aplicáveis a Europa são Acidificação terrestre, Eutrofização (água doce e marinha), Toxicidade humana, Formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada, Ecotoxicidade (terrestre, água doce, marinha), Radiação ionizante, Uso da terra agrícola, Uso da terra urbana, Transformação da terra natural (EC-JRC, 2010a).

## **EPS 2000**

O método sueco *Environmental Priority Strategies in product development* (EPS) foi desenvolvido em 2000 no Centro para Avaliação Ambiental de Sistemas de Produtos e Materiais (CPM), da Universidade de Tecnologia Chalmers e com participação das indústrias (STEEN, 1999a, 1999b).

O EPS 2000 é um método de avaliação *endpoint*, desenvolvido para apoiar a escolha entre dois conceitos de produto. Os indicadores de categoria são escolhidos para este fim e sua aplicabilidade em maioria é global, sendo apenas a categoria de impacto Parcela de extinção de espécies com abrangência para a Suécia (EC-JRC, 2010a; STEEN, 1999a).

As categorias de impacto abordadas pelo método com aplicabilidade global são: Saúde humana, Expectativa de vida, morbidade grave e sofrimento, morbidade, Incômodo grave, Incômodo, Ambiente natural, Capacidade de produção agrícola, Capacidade de produção de madeira, Capacidade de produção de peixe e carne, Capacidade de cátions de base, Capacidade de produção de água potável, Consumo de recursos naturais, Esgotamento de reservas de elementos, Esgotamento de reservas fósseis (gás), Esgotamento de reservas fósseis (petróleo), Esgotamento de reservas fósseis (carvão), Esgotamento de reservas minerais.

## **IMPACT 2002+**

Método desenvolvido na Suíça *IMPact Assessment of Chemical Toxicis* (IMPACT 2002+) em 2002 com escopo de aplicação válido para a Europa e abordagem *midpoint* e *endpoint* (JOLLIET et al., 2003). Este método foi desenvolvido em parceria com os desenvolvedores do método LIME (EC-JRC, 2010a) e algumas categorias de impacto são adaptadas de outros modelos, como o Eco-indicator 99 e do CML 2002 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001; GUINÉE et al., 2001; JOLLIET et al., 2003).

O método trabalha com as categorias de impacto Toxicidade humana, Efeitos respiratórios, Radiação ionizante, Depleção de ozônio, Formação de ozônio fotoquímico, Ecotoxicidade terrestre, Acidificação aquática, Eutrofização aquática, Acidificação e eutrofização terrestre, Ocupação da terra, Aquecimento global, Uso de energia não renovável, Extração mineral, todas aplicáveis a região da Europa.

## **LIME**

O sistema LIME (*Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling*), foi criado para o contexto do Japão, em 2003, por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada (AIST) e em cooperação com o Comitê de Estudo de Avaliação de Impacto de ACV (ITSUBO et al., 2004).

O método LIME desenvolvido para as condições naturais e humanas japonesas e aborda danos associados ao ambiente artificial (EC-JRC, 2010a). As categorias tem abordagem combinada *midpoint* e *endpoint*. As categorias *midpoint* são: Poluição do ar Urbano, Aquecimento global, Depleção da camada de ozônio, Toxicidade humana, Ecotoxicidade, Acidificação, Eutrofização, Formação de oxidantes fotoquímicos, Uso da terra, Consumo de minerais, Consumo de energia, Consumo de recursos bióticos, Poluição do ar interno, Geração de ruídos e Geração de resíduos. As categorias *endpoint* avaliadas são: Estresse térmico, Malária, Doenças infecciosas, fome e desastres naturais, Catarata, Câncer de pele, Outro câncer, Deficiência respiratória, Biodiversidade (terrestre), Biodiversidade (aquática), Plantas, Bentos, Peca, Colheita, Materiais, Recursos minerais, Recursos energéticos (EC-JRC, 2010a).

As categorias com aplicabilidade global são Aquecimento global e Destruição da camada de ozônio e as demais são aplicáveis somente a região do Japão (EC-JRC, 2010a).

## **TRACI**

O método TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*) foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) em 2003 (BARE, 2002; UNEP 2010).

As categorias de impacto do método tem abordagem *midpoint* e foram selecionadas com base no nível de concordância com a literatura existente na área, coerência com os regulamentos e políticas da EPA, estado atual de desenvolvimento e o valor reconhecido pela sociedade (BARE, 2002).

A aplicabilidade global deste método é para as categorias Depleção de ozônio, Aquecimento Global, Esgotamento de combustíveis fósseis. As categorias de impacto Formação de fumaça, Acidificação, Eutrofização são aplicáveis a América do Norte. Aos Estados Unidos podem ser aplicáveis as categorias Saúde humana (carcinogênicos), Saúde humana (não carcinogênicos) Saúde humana (poluentes), Ecotoxicidade, Uso da terra, Uso da água (EC-JRC, 2010a).

### **LUCAS**

Método canadense desenvolvido em 2005, pelo Centro de Pesquisa Interuniversitário para o Ciclo de Vida de Produtos, Processos e Serviços (CIRAIG), da Escola Politécnica de Montreal, LUCAS (*LCIA method Used for a Canadian Specific context*) (EC-JRC, 2010a).

O método tem abordagem *midpoint*, que eventualmente poderá ser desenvolvido para o nível *endpoint*, pois o modelo Impact 2202+ é referência para as categorias de impacto ecotoxicidade e toxicidade, e fatores de caracterização *midpoint* e *endpoint* estão disponíveis para essas duas categorias (TOFFOLETTO et al. 2005; MENDES, 2013).

As categorias com aplicabilidade global são mudança climática e depleção de ozônio. As demais categorias são aplicáveis a região do Canadá, são elas: acidificação, neblina fotoquímica, efeitos respiratórios, eutrofização aquática, eutrofização terrestre, ecotoxicidade (aquática e terrestre), toxicidade humana, uso da terra, destruição de recursos abióticos.

### **USEtox**

Desenvolvido na França em 2005, por meio do grupo de trabalho sobre tóxicos do programa Iniciativa do Ciclo de Vida da UNEP – SETAC. O USEtox é um método com nível *midpoint*, projetado para descrever o destino, exposição e efeitos dos produtos químicos, fornecendo fatores de caracterização recomendados para apenas duas categorias de impacto. As categorias tem aplicabilidade global, que são: Toxicidade humana e Ecotoxicidade de água doce na avaliação de impacto do ciclo de vida (HUIJBREGTS et al., 2010; MENDES, 2013).

## **MEEuP**

Em 2005 na Holanda, o MEEuP (*Methodology study for Eco-design of Energy-using Products*), foi desenvolvido por DG Enterprise, por meio da Comissão Europeia, com o intuito de avaliar quais e em que medida diversos produtos consumidores de energia cumprem determinados critérios que os tornam elegíveis para rotulagem CE, sob o ângulo do ciclo de vida (MENDES, 2013).

A abordagem das categorias de impacto é *midpoint* com aplicabilidade para o contexto Europeu. As categorias utilizadas pelo método são: Consumo total de energia bruta, Consumo de eletricidade, Consumo de água (processos), Consumo de água para resfriamento, Resíduos sólidos perigosos, Aquecimento global, Destruição do ozônio estratosférico, Acidificação, Emissão de poluentes orgânicos persistentes, Emissão de compostos orgânicos voláteis, Emissões de metais pesados (ar), Toxicidade humana, Formação de partículas, Eutrofização aquática, Emissões de metais pesados (água).

## **Impact World+**

Em 2012 foi lançado o método IMPACT World+ em parceria com especialistas do grupo de pesquisa CIRAIG, da Politécnica de Montreal (Canadá), Universidade de Michigan (Estados Unidos), Ann Arbor (Estados Unidos), Quantis (Suíça), Universidade Técnica da Dinamarca – DTU (Dinamarca), Escola Politécnica de Lausanne – EPFL (Suíça) e Cycleco (França), com apoio financeiro da Fundação Alcoa (MENDES, 2013).

A abordagem das categorias de impacto é *midpoint* e *endpoint* com aplicabilidade global, que são: Toxicidade humana, Oxidação fotoquímica, Depleção da camada de ozônio, Aquecimento global, Ecotoxicidade, Acidificação, Eutrofização, Uso da água, Uso da terra, Uso de recursos.

### 3.3.4.4 Métodos de caracterização selecionados para o estudo

O levantamento dos métodos de AICV, conforme o resumo do Quadros 5 e 6, mostra que os métodos EDIP 97, EPS 2000, USEtox, Impact World+, tem categorias de impacto com aplicabilidade global. O método CML tem aplicabilidade global para quase todas as 25 categorias, menos para as categorias Formação de foto-oxidantes e Acidificação, as quais se aplicam somente a Europa.

	<b>CML 2002</b>	<b>EDIP 97</b>	<b>EDIP 2003</b>	<b>Eco- indicator 99</b>	<b>ReCiPe</b>	<b>EPS 2000</b>	<b>IMPACT 2002+</b>
<b>Categorias de Impacto</b>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Endpoint</i>	<i>Midpoint e Endpoint</i>	<i>Endpoint</i>	<i>Midpoint e Endpoint</i>
<b>Mudanças climáticas</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Consumo dos Recursos</b>	X	X	X	X	X	X	X
<b>Uso da terra</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Uso da água</b>							
<b>Toxicidade Humana</b>	X	X	X	X	X	X	X
<b>Diminuição de Ozônio</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Criação de Ozônio Fotoquímico</b>	X	X	X		X		X
<b>Ecotoxicidade</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Eutrofização</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Acidificação</b>	X	X	X	X	X		X
<b>Biodiversidade</b>	X					X	

**Quadro 5 – Métodos de AICV e principais categorias de impacto e nível de abordagem**  
**Fonte: adaptado de Mendes (2013)**

Considerando as categorias principais utilizadas nos métodos os Quadros 5 e 6 fazem a síntese da relação dessas categorias com os métodos levantados, mostrando o nível de abordagem de cada método.

	LIME	TRACI	LUCAS	USEtox	MEEuP	Impact World+	Swiss Ecocar city
<b>Categorias de Impacto principais</b>	<i>Nível Midpoint e Endpoint</i>	<i>Nível Midpoint</i>	<i>Nível Midpoint</i>	<i>Nível Midpoint</i>	<i>Nível Midpoint</i>	<i>Nível Midpoint e Endpoint</i>	<i>Nível Midpoint e Endpoint</i>
<b>Mudanças climáticas</b>	X	X	X		X	X	
<b>Consumo dos Recursos</b>	X	X	X		X	X	
<b>Uso da terra</b>	X	X	X				
<b>Uso da água</b>							
<b>Toxicidade Humana</b>	X	X	X	X	X	X	
<b>Diminuição de Ozônio</b>	X	X	X		X	X	
<b>Criação de Ozônio Fotoquímico</b>	X	X	X		X	X	
<b>Ecotoxicidade</b>	X	X	X	X		X	
<b>Eutrofização</b>	X	X	X		X	X	
<b>Acidificação</b>	X	X	X		X	X	
<b>Biodiversidade</b>	X						X

**Quadro 6– Métodos de AICV e principais categorias de impacto e nível de abordagem**  
**Fonte: adaptado de Mendes (2013)**

Os Quadros 5 e 6 mostram que os métodos levantados em sua maioria utilizam categorias de impacto em nível orientados ao problema, são eles: CML 2002, EDIP 97, EDIP 2003, TRACI, LUCAS, USEtox, MEEuP ou combinando níveis orientados aos problemas e danos, como o ReCiPe, IMPACT 2002+, LIME, Impact World+,

Swiss Ecoscarcity. Observa-se nos Quadros 6 e 7 que os métodos Eco-indicator 99 e EPS 2000 são os únicos que trabalham somente com categorias orientadas ao dano.

Considerando os métodos levantados no estudo e o objetivo da pesquisa sobre a aplicabilidade da ACV no contexto brasileiro os métodos a serem relacionados com as CAE escolhidos neste estudo são: CML 2002 (considerado de aplicabilidade global, pois das 25 categorias, apenas duas são aplicáveis somente na Europa), EDIP 97, USEtox, Impact World+.

### **3.3.5 Aplicações da ACV**

A abordagem de ciclo de vida para produtos processo e atividades se expandiu por todo o contexto global. Existem estudos aplicados principalmente na indústria (construção civil, farmacêutica, produtos alimentícios, maquinário, mas também na agricultura).

Para Silva (2003) os principais objetivos de um estudo de ACV são:

- Retratar, da forma mais completa possível, as interações entre o processo considerado e o ambiente;
- Contribuir para o entendimento da natureza global e independente das consequências das atividades humanas sobre o ambiente;
- Produzir informações objetivas que permitam identificar oportunidades para melhorias ambientais.

As aplicações da ACV para Silva (2003) são:

- avaliação da adequação ambiental (uso eficiente de recursos e redução de emissões) de uma determinada tecnologia, processo ou produto;
- identificação de possibilidades de melhoria de um processo ou produto;
- comparação de alternativas tecnológicas, de processos ou produtos diferentes, porém destinados a uma mesma função;
- geração de informações para os consumidores e o meio técnico que poderão servir de base para rotulagem ambiental e, além disso, facilitar a

introdução de um determinado produto no mercado ou, no extremo oposto, sustentar o seu banimento.

No setor da construção civil para Silva (2003), a ACV é aplicada de maneira direta ou indireta em cada item:

- avaliação de materiais de construção, para fins de melhorias de processo e produto ou informação a projetistas (inserção de dados ambientais sistematizados nos catálogos);
- rotulagem ambiental de produtos, concessão de uma marca a produtos adequados ao uso e que atendem um conjunto de critérios ambientais, de acordo com a ABNT (2006). A rotulagem pode ser certificada em três níveis, para se obter o rótulo de tipo III é requisito principal o estudo de ACV de acordo com as normas da séries ISO 14000 (SILVA, 2003; SILVA, 2007b).

A União Europeia encontra-se em um estágio amadurecido no assunto, apresentando exigências compatíveis com relação aos produtos a serem importados por eles. A iniciativa em ACV no Brasil é impulsionada pelas exportações e, assim, seu desenvolvimento em território nacional é mais forte em produtos passíveis de exportação, como siderúrgica, produtos em madeira e biocombustíveis (CARVALHO, 2010).

### 3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E EM EDIFÍCIOS

A ACV pode ser aplicada nas fases de projeto de construção, em três níveis: (i) para todo o edifício; (ii) para a comparação entre sistemas funcionalmente equivalentes (por exemplo, uma comparação entre dois conjuntos de parede divisória); (iii) para a comparação de produtos concorrentes. Esta última é a mais simples dos três, o resultado obtido é a partir da ACV do nível de produto, considerando de forma isolada seu impacto sobre a montagem do edifício ou conjunto de construção, deve

ser usada com cautela na realização de fases do processo de desenvolvimento do edifício, (SURABHI, 2010).

Dos estudos aplicados no contexto brasileiro, como contribuição para o setor da construção civil, podem ser citados os trabalhos de Bento et al. (2013) e Kalbusch (2011).

Bento et al. (2013) realizaram uma análise de um edifício, com variação das classes de resistência do concreto com os valores de C25 e C30, mantendo as dimensões dos componentes estruturais e C35 com a redução dos componentes. Nesse estudo o resultado indicou a estrutura projetada com a classe de resistência C35, a que menos impacta o meio ambiente e além, entre os custos das três estruturas a C35 apresenta o menor.

Kalbusch (2011) defendeu a tese intitulada "Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida", por meio da hipótese de que os impactos ambientais são diferentes de acordo com as mudanças impostas a um sistema. O autor analisou dois cenários, no primeiro há a utilização de equipamentos hidrossanitários convencionais e no segundo, há a substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água. São analisadas as fases de produção, uso e disposição final dos equipamentos com quantificação das entradas referentes a matérias-primas, água e energia e as saídas como forma de emissões atmosféricas, no solo e na água. O resultado mostrou que o desempenho ambiental no cenário em que há substituição da torneira convencional por torneiras economizadoras de água é superior, exceto para a categoria de impacto, Acidificação, em que os valores são semelhantes nos dois cenários. O estudo mostra ainda que é ambientalmente viável a substituição das torneiras convencionais por torneiras economizadoras de água no edifício, pois os impactos ambientais foram menores quando houve a substituição de equipamentos.

#### **3.4.1 Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas de certificação ambiental de edificações**

Como visto nos capítulos anteriores a adoção das ferramentas para avaliação é fundamental para a indústria, em especial o setor da construção civil devido ao grande impacto no seu ciclo de vida.

Para Severo et al. (2012) a avaliação do ciclo de vida em edificações é abordada de duas maneiras: a pesquisa e influência no meio ambiente (passivo ambiental) e a investigação da construção.

Tanto os sistemas de CAE quanto a técnica de ACV principalmente nos últimos cinco anos tem o objetivo de criar um ciclo de vida sustentável para o ambiente construído. Embora tenham metodologias diferentes, qualitativa e quantitativa respectivamente, ambos possuem pontos fortes e fracos e devem preferencialmente ser utilizadas em conjunto (SEVERO et al., 2012).

Existem relatos sobre tipos de ACV com base nas etapas consideradas do ciclo de vida (TODD e CURRAN, 1999; SILVA, 2012a), que sugerem quatro classificações:

- *Cradle to grave* (do berço ao túmulo): considera a extração e beneficiamento;
- *Cradle to gate* (do berço ao portão da fábrica): considera a extração e beneficiamento de recursos naturais, e a fabricação dos produtos intermediários e do produto principal, mas, elimina as etapas posteriores a fabricação;
- *Gate to grave* (do portão da fábrica ao túmulo): só considera as etapas de distribuição, uso e disposição final do produto principal;
- *Gate to gate* (do portão ao portão da fábrica): considera somente a etapa de fabricação do produto principal.

A escolha de qualquer uma destas classificações depende do objetivo do estudo de ACV (SILVA, 2012a).

Em relação ao ciclo de vida da edificação, na Figura 3 mostram-se os processos e suas respectivas fases principais: (i) planejamento/projeto; (ii) extração; (iii) beneficiamento; (iv) transporte; (v) manufatura/fabricação dos materiais; (vi) construção; (vii) uso e operação; (viii) manutenção e (ix) desativação. Os processos estão divididos em processo informativo e processo físico. O Processo informativo está a fase de planejamento e projeto. No Processo físico estão todas outras fases relacionadas à construção.

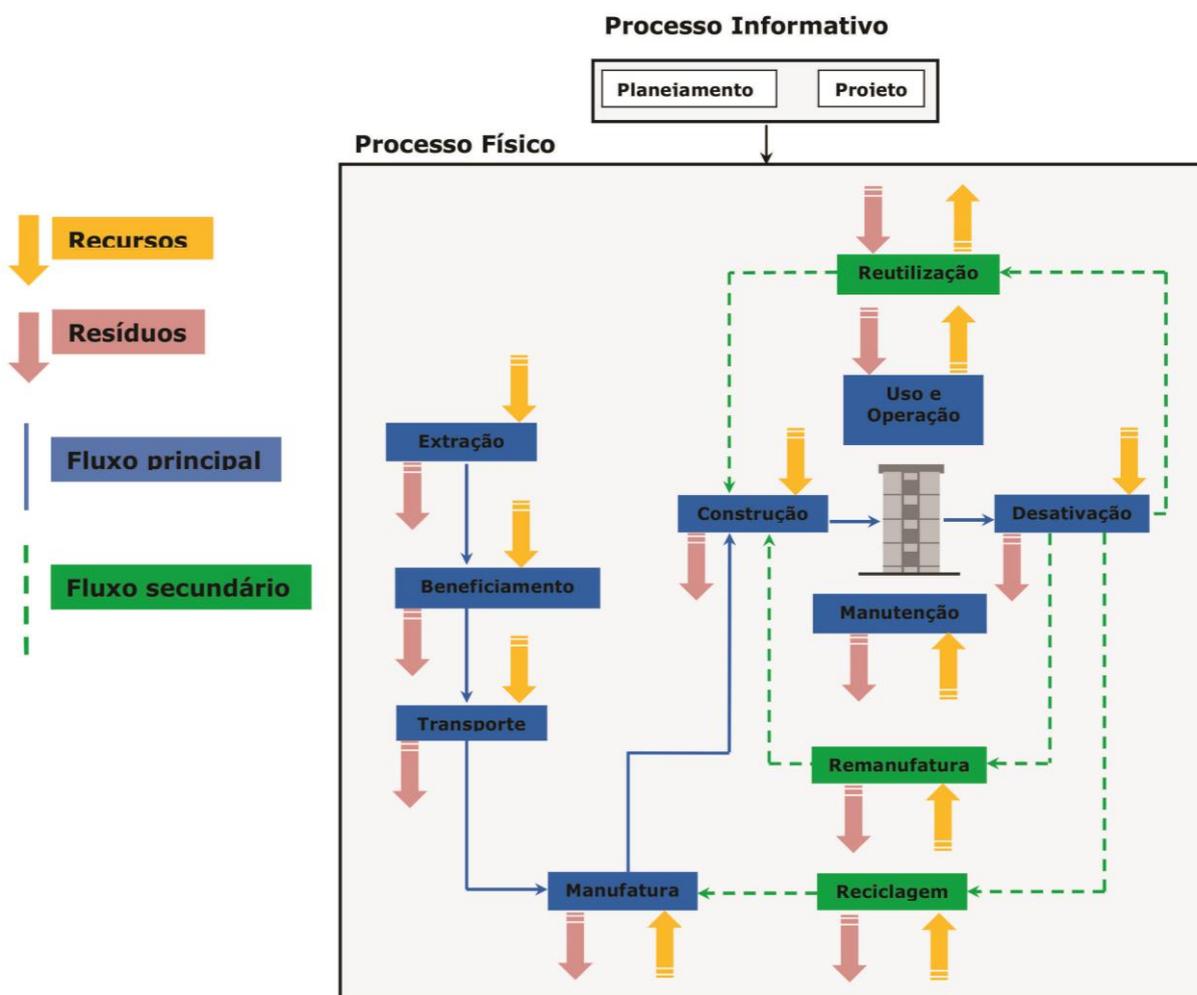


Figura 3 – Fases do ciclo de vida de uma edificação genérica  
Fonte: Autora

Ainda na Figura 3, os recursos representam as entradas e os resíduos representam as saídas em todas as fases do processo.

Os recursos considerados para a edificação estão: matérias-primas para fabricação dos materiais, componentes e sistemas construtivos (metais, minerais ou madeira) energia, solo, água (COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2006).

Os resíduos considerados para a edificação estão os sólidos, líquidos e gasosos.

Os resíduos sólidos são os oriundos da construção civil (construções, reformas, reparos e demolições) e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002). Os efluentes líquidos ou *águas residuárias*

(esgoto), são as águas indesejáveis nas características, podem ser de processo biológico, físico e químico. Os resíduos líquidos em geral são de responsabilidade das indústrias fabricantes dos produtos para a construção civil. Os resíduos gasosos ou emissões gasosas são aqueles emitidos em maiores quantidades e por grande variedade ou número de fonte, que, portanto, se apresenta sistematicamente em áreas urbanas poluídas, em concentrações próximas do limiar de efeitos perceptíveis sobre vários receptores. São eles os principais: material particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxidos de carbono (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

### **Processo Informativo:**

- **Planejamento e Projeto**

Dos problemas relacionados à falta de qualidade em edificações, têm se como causa principal a ausência de qualidade no processo de projeto, que é regularmente desenvolvido de forma não planejada, segmentada e sequencial, sem uma visão abrangente e integrada do binômio projeto/execução, e com evidente falta de interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos. Por outro lado, se vê mudanças incipientes por parte das construtoras e incorporadoras brasileiras com o intuito de buscar metodologias de gestão da qualidade do projeto, no sentido de modificar o modelo tradicional e garantir a qualidade de seus produtos e processos, e conseqüentemente a satisfação dos usuários finais (ROMANO; BACK; OLIVEIRA, 2001).

Essas mudanças acenam para (ANDERY, 2000) (i) a realização em paralelo de várias etapas do processo, em especial, o desenvolvimento integrado de projetos do produto e para produção; (ii) o estabelecimento de equipes multidisciplinares, formadas por projetistas, usuários e construtores, em especial os engenheiros de obras; (iii) uma forte orientação para a satisfação dos clientes e usuários; (iv) a padronização das formas de apresentação e documentação do projeto; (v) a adoção de procedimentos para coleta de dados durante a execução e após a entrega das obras, que torne possível a retroalimentação dos projetos. Estas mudanças apontam

para um novo paradigma na construção civil: o desenvolvimento integrado da edificação.

O desenvolvimento integrado da edificação é fundamental para reduzir os problemas na fase de construção. A correta utilização dos condicionantes físicos, climáticos e legais, do terreno em questão, pode propiciar a preservação do perfil do terreno e de vegetação nativa o máximo possível, propiciar a criação de áreas permeáveis maiores, a redução de consumos e de resíduos, além de evitar problemas patológicos com os edifícios (KLEIN, 2002).

Outra questão vinculada a fase de projeto é a especificação de tecnologias e materiais adequados, inclusive nos projetos complementares. Materiais como telhas de fibrocimento, piso vinílico e tintas à base de solvente podem comprometer a qualidade do ar interior de uma edificação. É necessário pensar em tecnologias, materiais e técnicas construtivas que permitem a redução de consumos e de resíduos, a fácil manutenção, a desativação e além, o aumento da vida útil da edificação. A seleção de uma tecnologia inadequada ou superdimensionada pode causar desperdícios ou a necessidade de retrabalho.

A normatização de técnicas também está vinculada a fase de projeto para obter os produtos de qualidade. Como exemplo, o uso de tecnologia de concreto armado, a norma para estruturas de concreto, estabelece que as estruturas devam ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto, e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante um período mínimo de 50 anos, sem exigir medidas extras de manutenção e reparo.

### **Processo Físico:**

- **Extração**

O setor da construção civil recebe das empresas fornecedoras de materiais, as matérias-primas da natureza para a fabricação de produtos, tais como: cimento, cal, aço, tijolos, madeira, alumínio, cerâmicas para pisos e desta maneira contribuem para a escassez desses recursos naturais. Nesta fase o que se observa são os fatores energia e a geração de resíduos.

- **Beneficiamento**

O beneficiamento da matéria-prima para a fabricação de materiais e componentes requer processos muitas vezes agressivos que contribuem principalmente com a poluição do ar e em outras vezes com o aumento de ruídos para os trabalhadores operantes e dessa forma alterando a biodiversidade em relação à saúde. . A fase de beneficiamento não será considerada neste estudo, por ser uma aplicação direta da técnica de ACV, tendo em vista que as certificações estão em fase inicial de uso da mesma.

- **Transporte**

O transporte necessário desde a extração das matérias-primas até a entrega desses materiais no canteiro de obras consome óleo diesel, o que contribui para a poluição do ar, aumentando os impactos no meio ambiente.

O transporte também é considerado nas outras fases como a construção, a execução da obra e na entrega de materiais no local. Na fase de manutenção, o transporte é usado para utilização de equipamentos para reparações e até mesmo na substituição de equipamentos (SURABHI, 2010). Na fase de desativação, os resíduos de demolição são transportados para os seus devidos fins. A Figura 4 exemplifica o uso do transporte nas diversas fases da construção.

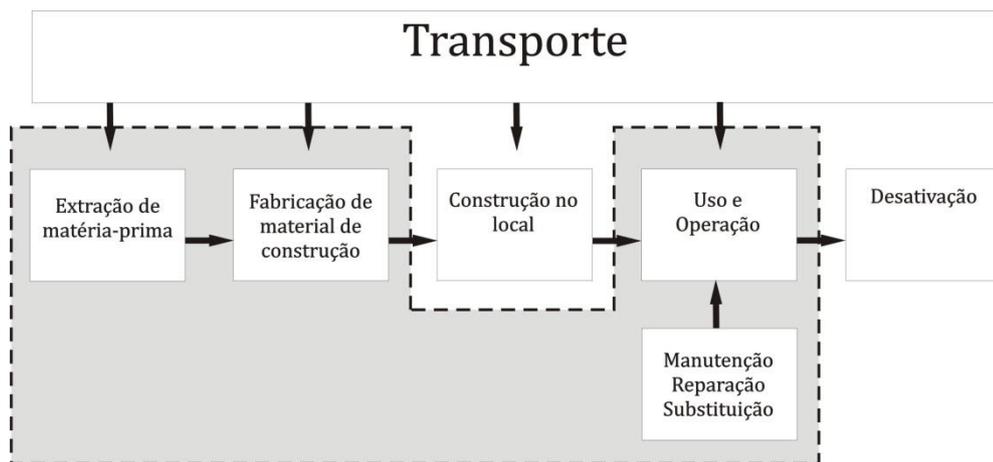


Figura 4 – O uso do transporte nas fases da construção de edificações  
Fonte: Autora

- **Manufatura e/ou fabricação dos materiais**

A fabricação dos materiais tanto em loco com no chão de fábrica, exigem manipulação de produtos químicos que são prejudiciais à saúde do trabalhador, produzindo entre outros, gases ao meio ambiente e contribuindo com a poluição do ar, água e solo.

- **Construção**

Nessa fase considera durante a construção do edifício o uso de energia e geração de massas (materiais e resíduos), com o uso de ferramentas e equipamentos, fabricação de elementos construtivos no local. A fase de construção está relacionada a todas as atividades previstas nos projetos (SURABHI, 2010).

- **Uso e Operação**

As edificações em si possuem uma vida útil longa e a fase de uso é responsável por parcela significativa de impacto ambiental (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001). Nesta fase, há consideráveis consumos de energia, água e geração de resíduos, especialmente esgoto e lixo doméstico.

O planejamento do tratamento de esgoto evita danos às águas. O esgoto de águas pluviais e o esgoto de pias e chuveiros poderiam ser reaproveitados, permitindo assim, a economia de água potável (KLEIN, 2002).

A fase de uso e operação devem ser previstas e planejadas nas fases do processo informativo para que os seus impactos possam ser esperados em quantidades aceitáveis.

- **Manutenção**

Após vários anos de uso e operação do edifício há a necessidade de melhorias como repintura, novas instalações prediais e novos revestimentos de paredes, pisos e tetos, o que gera mais consumo e resíduos, além da energia incorporada novamente.

A reforma preventiva é vista como uma necessidade da manutenção, contribuindo com a vida útil da edificação, com a redução do consumo de materiais, custos e geração de resíduos.

- **Desativação**

A fase de desativação, como conceito efetivo “tirar de operação”, indica a finalização da função de uma edificação e quais os fins a serem dados as suas diversas partes. Nessa fase podem ser incluídas a **demolição, reutilização, reciclagem e remanufatura:**

- A **demolição** é uma atividade que deve ser considerada quando não houver alternativa a ser implementada. A fase de demolição gera resíduos (entulhos) em grande escala, desperdiça recursos naturais (principalmente não renováveis) e energia, especialmente a incorporada nos materiais utilizados. Por exemplo, edificações projetadas e construídas com estrutura de concreto e com elementos assentados e revestidos com argamassas constituídas de cimento, não permitem a demolição manual dos elementos construtivos. Estes edifícios devem ser implodidos depois da retirada dos materiais que poderiam ser reutilizados, mas geram grande quantidade de entulhos, poeira e ruídos;
- A **remanufatura** é uma estratégia de fim-de-vida do produto que reduz o uso de matérias-primas e energia de maneira geral, assim como o custo ambiental e econômico tanto na manufatura de produtos novos quanto na sua disposição final. Nessa atividade são retirados componentes construtivos da edificação, sem danificá-los. Após a retirada estes componentes passam por processo de restauro e são reutilizados para condição de novos em outros locais com a mesma função e qualidade de produtos novos;
- A **reciclagem** é a completa remanufatura onde se produz outro elemento construtivo a partir de uma peça já existente. Os elementos construtivos são retirados da edificação, os materiais são separados e triturados separadamente ou em conjunto e são usados para outras funções;
- Em relação a **reutilização**, tanto os materiais como os componentes construtivos são aproveitados sem remanufatura ou reprocessando e reinstalando-os novamente. A reutilização é empregada nos resíduos da demolição, normalmente encarados como entulhos e calça, em produtos comerciais que possam ser novamente usados.



## 4 ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA ACV PARA OS SISTEMAS DE CAE HABITACIONAIS NO BRASIL

Alguns dos sistemas CAE mostrados anteriormente no Capítulo 3 são analisados neste capítulo de acordo com os procedimentos metodológicos descritos no Capítulo 2.

### 4.1 SELEÇÃO DOS SISTEMAS CAE

Dentre os sistemas CAE apresentados na revisão bibliográfica selecionou-se para análise de aplicabilidade da ACV os que se enquadram nos seguintes itens:

1. Podem ser aplicados no cenário brasileiro;
2. Possuam aplicação para a tipologia habitacional;
3. Tenham empreendimentos em processo de certificação ou já certificados no Brasil.

Os sistemas selecionados são: AQUA, BREEAM, Casa Azul e o LEED. O sistema DGNB não foi selecionado para este estudo em virtude de não atender ao item dois desta seleção. No Quadro 7 mostra-se qual o referencial técnico ou guia utilizado para o estudo das CAE.

Observa-se que no Quadro 7 o AQUA utiliza dois referenciais para certificar edifícios residenciais, o referencial técnico “Edifícios habitacionais” para construções novas ou existentes e o referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais que estão em fase de construção.

O sistema BREEAM utiliza um referencial “- *Bespoke International Process*”, para avaliar as habitações no contexto global, novas ou existentes. O Casa Azul trabalha com um manual de “Boas Práticas” que serve edifícios a serem construídos. Por último, o Quadro 7 mostra que o LEED utiliza o “*Green building rating system*”:

*LEED for new construction and major renovation*” para avaliar construções novas e grandes reformas.

CAE	Referencial Técnico	N / E / C
AQUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção – março de 2014</li> <li>Referencial Técnico de Certificação SGE – Sistema de Gestão do Empreendimento para Edifícios em construção</li> </ul>	N/E/C
BREEAM	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Bespoke International Process</i> – julho de 2013</li> </ul>	N
Casa Azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boas práticas para habitação mais sustentável – selo Casa Azul- 2010</li> </ul>	N/E
LEED	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Green building rating system: LEED for new construction and major renovation – with alternative compliance paths for projects outside the U.S.</i></li> </ul>	N/E

**Quadro 7 – Referenciais bibliográficos para o estudo de cada sistema. Edifícios Novos (N) e ou Existentes (E) e ou em Construção (C).**

## 4.2 AS CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO SELECIONADOS

### 4.2.1 AQUA

O AQUA foi adaptado ao contexto brasileiro, no sentido das necessidades maiores em relação aos parâmetros de exigência das categorias de impactos mais relevantes no país, no entanto a estrutura do processo é similar ao do sistema o qual foi derivado, o HQE (HILGENBERG, 2010).

O sistema AQUA trabalha com dois elementos que o avaliam como descrito anteriormente no Capítulo 3, que envolve tanto as questões de gestão ambiental como de natureza arquitetônica e técnica. O referencial técnico estrutura-se no SGE e o QAE. A avaliação de desempenho ambiental do edifício estrutura-se em 14 categorias divididas em 4 bases de ação (FCAV, 2014a):

- **Meio ambiente**

**Categorias:** Relação do edifício com o seu entorno; Qualidade dos componentes; Canteiro Sustentável; Gestão dos Resíduos.

- **Energia e Economias**

**Categorias:** Gestão da energia; Gestão da água; Gestão da Conservação e da Manutenção.

- **Conforto**

**Categorias:** Conforto Higrotérmico; Conforto Acústico; Conforto Visual; Conforto Olfativo.

- **Saúde e Segurança**

**Categorias:** Qualidade dos Espaços; Qualidade Sanitária do ar; Qualidade Sanitária da água.

Dentre as 14 categorias, existem 59 subcategorias técnicas que se desenvolvem em 211 preocupações. O Processo de avaliação acontece de maneira evolutiva com auditorias presenciais com a utilização de questionário aplicado por uma equipe consultora qualificada para isto (FCAV, 2014a). Cada edificação passa por três fases basicamente, pré-projeto (anteprojeto e consulta às empresas), projeto (assinatura dos contratos e início dos trabalhos) e execução (fim dos trabalhos) (FCAV, 2014b). Destas fases a auditoria de QAE é feita em dois momentos (FCAV, 2014c):

- Na fase final de projeto, para garantias que será uma construção satisfatória, com o perfil de desempenho ambiental almejado, incluindo todas as providências arquitetônicas, técnicas e documentais.
- Na fase final de execução, para que se faça um balanço entre a edificação entregue e o perfil de QAE atingido.

Para os edifícios habitacionais o Processo AQUA inclui moradia coletiva, moradia individual em conjuntos habitacionais, moradia estudantil, moradia com serviços e Foyer. Estes edifícios podem alcançar os níveis de desempenho Não-conforme (NC, quando o nível B não for atingido), Base (B, nível básico da certificação AQUA); Boas Práticas (BP); Melhores Práticas (MP) para cada uma das categorias (FCAV, 2014b). Para se alcançar o nível Base é necessário atender há mais de 55% das preocupações obrigatórias. Além deste nível de desempenho, a certificação vincula um perfil mínimo referente às 14 categorias, chamado de nível global, são eles: AQUA Passa (14 categorias em nível B a serem alcançadas), AQUA Bom (entre 1 e 4 estrelas em nível BP e MP), AQUA Muito Bom (entre 5 e 8 estrelas em nível BP e

MP) AQUA Excelente (entre 9 e 11 estrelas em nível BP e MP) AQUA Excepcional (com 12 estrelas ou mais a serem alcançadas) (FCAV, 2014a).

Cada base de ação é avaliada em escala de 0 a 4 estrelas em relação aos níveis de desempenho atingidos nas categorias de avaliação de impacto, como é visto no Quadro 8:

<b>Temas</b>	<b>*</b>	<b>**</b>	<b>***</b>	<b>****</b>
<b>Energia e Economias</b> Categorias 4, 5, e 7	1 BP	1 MP + 1 BP	2 MP	2 MP + 1 Bp
<b>Conforto</b> Categorias 8, 9, 10 e 11	2 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP	3 MP + 1 BP
<b>Saúde e segurança</b> Categorias 12, 13 e 14	1 BP	1 MP + 1 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP
<b>Meio ambiente</b> Categorias 1, 2, 3 e 6	2 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP	3 MP + 1 BP

**Quadro 8 – Cálculo do nível alcançado por tema**  
Fonte: FCAV (2014a)

Um exemplo do Quadro 8: Pode se dizer que uma edificação com a categoria 8 em MP e a categoria 10 e 11 em BP obtém o nível duas estrelas.

#### **4.2.2 BREEAM**

O sistema BREEAM, mesmo sendo desenvolvido totalmente para a realidade do Reino Unido, percebeu a procura de outros países em trabalhar com o seu sistema de certificação e então lançou um referencial internacional padrão que pode ser aplicado globalmente.

O BREEAM avalia o desempenho ambiental por meio de nove categorias, são elas: Gestão; Saúde e bem-estar; Energia e Emissões de CO<sub>2</sub>; Transporte; Água; Materiais; Resíduos; Uso da terra e Ecologia; e Poluição e Inovação (BRE, 2013; LUCAS, 2008)). Para cada uma das categorias são definidas subcategorias, as quais são atribuídas de acordo com desempenho ambiental. Essas categorias são creditadas e na sequência pontuadas A classificação final é determinada por meio de ponderação aplicada nas nove categorias (LUCAS, 2008).

A ponderação é realizada por profissionais consultores e outros agentes credenciados para isto, vindos do Reino Unido como do país a ser certificado o edifício. A avaliação é sistemática, o número total de créditos ganho para cada área de critérios das categorias é multiplicado por um fator de peso ambiental. Cada uma das categorias de impacto possui fator de peso ambiental diferentes nas diversas regiões do mundo.

**Tabela 1 – Critérios de avaliação do BREEAM para o Brasil**

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Critérios de avaliação em (%)</b>
1. Gestão	12
2. Saúde e bem-estar	15
3. Energia	19
4. Transporte	8
5. Água	6
6. Materiais	12,5
7. Resíduos	7,5
8. Uso da terra e Ecologia	10
9. Poluição e Inovação	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fonte: Cunha (2011)**

O sistema BREEAM pode ser utilizado para avaliar edifícios novos, existentes ou em reabilitação, o que permite comparações cruzadas entre edifícios existentes e novos. Os dados desta avaliação se apresentam de forma qualitativa e quantitativa (COLE, 2000; GU, 2006). Para avaliações qualitativas está, por exemplo: o uso de reatores de alta-frequência para iluminação (fator de saúde e bem-estar) ou plantações de novas árvores (fator ecológico). Para as quantitativas podem ser, por exemplo, o consumo de energia e água; dados de materiais; estudos de custos de ACV; estas avaliações determinam os créditos atribuídos aos materiais (COLE, 2000; GU, 2006).

O sistema de classificação é traduzido em níveis do BREEAM, no qual é calculada a média do número total de créditos ganho para cada área de critérios das categorias. Para o Brasil, os níveis mínimos para ser classificado como “Aprovado” são alcançados por porcentagem como mostra a Tabela 1, (CUNHA, 2011), Os níveis podem ser classificados como “Aprovado” (30% de créditos ganhos no total), “Bom” (45% créditos), “Muito Bom” (55% créditos), “Excelente” (com 70% de créditos) e “Excepcional” (85% de créditos no mínimo para alcançar este nível) (LUCAS, 2008).

#### **4.2.3 Casa Azul**

Como visto no Capítulo 3, o selo Casa Azul foi desenvolvido para ser aplicado em edificações habitacionais no território brasileiro. O Casa Azul se aplica a projetos propostos à CAIXA para financiamento ou nos programas de repasse. Para isto, podem ser construtoras, Poder Público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais (JOHN; PRADO, 2010).

O sistema Casa Azul possui 6 categorias para avaliar o desempenho ambiental dos empreendimentos, estejam estes nas fases de construção, uso, ocupação e manutenção. As categorias de impacto atribuídas a sua avaliação são: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de recursos materiais, Gestão da água, Práticas Sociais.

As categorias de avaliação são verificadas por meio de 53 subcategorias estabelecidas pelo sistema (JOHN; PRADO, 2010). As subcategorias possuem objetivos individuais, indicadores de sucesso, a documentação a ser apresentada, indicação se o critério é obrigatório ou de livre escolha, benefícios da ação e as recomendações técnicas (MAGNANI, 2011).

A edificação para ser avaliada se baseia em objetivos definidos em conjunto com o empreendedor durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento (BRASILEIRO, 2013). A aplicação desta avaliação se dá em forma de *checklist* por meio de uma lista de pré-requisitos definidos para alcançar o objetivo estabelecido (JOHN; PRADO, 2010).

O empreendimento pode alcançar três classificações: bronze, prata e ouro. Para a categoria bronze, devem ser atendidos no mínimo os 19 critérios obrigatórios. Para a categoria prata devem ser alcançados os 19 critérios e outros 6 créditos de livre

escolha. Para a categoria ouro, por sua vez, devem ser atingidos os 19 critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha. A classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas categorias. (JOHN; PRADO, 2010; MAGNANI, 2011).

#### **4.2.4 LEED**

O LEED desenvolveu um referencial que pode ser aplicado em outros países, mais amplo, já que inicialmente seus padrões e normas eram dos EUA. No Brasil as edificações que passam pelo processo LEED trabalham com os referenciais LEED-NC (para edifícios novos e grandes reformas) e o LEED-EB (para operação e manutenção dos edifícios existentes). Para as edificações habitacionais em sua maioria, é utilizado o LEED-NC.

No sistema LEED, os empreendimentos são avaliados por sete categorias de requisitos (USGBC, 2009): Espaço Sustentável, Uso racional da água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Inovação e Processo do Projeto e os Créditos Regionais. Para cada uma destas categorias de avaliação de impacto estão atribuídos 49 créditos que podem ser alcançados e 8 pré-requisitos para a obtenção da certificação. Existe uma série de critérios que devem ser seguidos para se conseguir a certificação, tanto para os pré-requisitos como para os créditos das categorias de avaliação (USGBC, 2009).

Para uma edificação ser elegível à certificação é necessário o cumprimento dos 8 pré-requisitos mínimos (BARROS, 2012). A ponderação dos créditos é feita por pontuação com base no método TRACI (desenvolvido no EUA para auxiliar na avaliação de impacto, avaliação do ciclo de vida ecologia industrial, processo de projeto e prevenção da poluição). Cada crédito alcançado equivale a 1 ponto (número inteiro positivo). A soma destes créditos associados as respectivas categorias, equivalem a um peso (USGBC, 2009). O número de requisitos exigidos em cada categoria, defini o peso das mesmas para a soma total de pontuação (FOSSATI, 2008).

	AQUA		BREEAM	Casa Azul	LEED
<b>Categorias de avaliação da CAE</b>	1. Relação do edifício com o seu entorno 2. Qualidade dos componentes 3. Canteiro sustentável 4. Gestão da energia 5. Gestão da água 6. Gestão dos Resíduos	7. Gestão da Conservação e da Manutenção 8. Conforto Higrotérmico 9. Conforto Acústico 10. Conforto Visual 11. Conforto Olfativo 12. Qualidade dos Espaços 13. Qualidade Sanitária do ar 14. Qualidade Sanitária da água	1. Gestão 2. Saúde e bem-estar 3. Energia e emissões de CO2 4. Transporte 5. Água 6. Materiais 7. Resíduos 8. Uso da terra e Ecologia 9. Poluição E inovação	1. Qualidade Urbana 2. Projeto e Conforto 3. Eficiência Energética 4. Conservação de recursos materiais 5. Gestão da água 6. Práticas Sociais	1. Espaço Sustentável 2. Uso Racional da água 3. Energia e Atmosfera 4. Materiais e Recursos 5. Qualidade Ambiental Interna 6. Inovação e Processo do Projeto 7. Créditos Regionais
<b>Aplicabilidade</b>	Adaptado ao contexto brasileiro		Desenvolvido para UK, com aplicação internacional	Desenvolvido para o contexto brasileiro	Desenvolvido para EUA, com aplicação internacional
<b>Metodologia de avaliação</b>	A avaliação dá-se de maneira evolutiva ao longo da estrutura em árvore composta de Categorias, Subcategorias e Preocupações.		Avaliação sistemática, o número total de créditos ganho para cada área de critérios das categorias é multiplicado por um fator de peso ambiental, que cada uma tem nas diferentes regiões do mundo.	Avaliação dos edifícios através de uma lista de pré-requisitos (checklist) aos quais são atribuídos créditos baseados em uma lista de objetivos preexistentes. A classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas categorias.	Avaliação dos edifícios através de uma lista de pré-requisitos (checklist) aos quais são atribuídos créditos baseados em uma lista de objetivos preexistentes. A classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas categorias.
<b>Complexidade de aplicação</b>	Aplicação simples, no formato de questionário, aplicado por equipe consultora.		Aplicação simples, em forma de questionário, aplicado por equipe consultora.	Aplicação simples, no formato de checklist, de fácil preenchimento.	Aplicação simples, no formato de checklist, de fácil preenchimento.
<b>Sistema de classificação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Níveis de desempenho: Base (B); Boas Práticas (BP); Melhores Práticas (MP);</li> <li>Nível global: Passa – 14 categorias em nível B; Bom – entre 1 a 4 estrelas em nível BP e MP; Muito Bom – entre 5ª a 8 estrelas em nível BP e MP; Excelente – entre 9 a 11 estrelas em nível BP e MP; Excepcional – com 12 estrelas ou mais.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprovado - 30%;</li> <li>Bom - 45%;</li> <li>Muito Bom - 55%;</li> <li>Excelente - 70%;</li> <li>Excepcional - 85%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bronze - 19 critérios obrigatórios;</li> <li>Prata - obrigatórios + 06 critérios de livre escolha;</li> <li>Ouro - obrigatórios + 12 critérios de livre escolha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Certificado - 40-49 pontos</li> <li>Prata - 50-59 pontos</li> <li>Ouro - 60-79 pontos</li> <li>Platina - 80 pontos e acima.</li> </ul>

**Quadro 9 – Características principais de cada sistema de certificação ambiental**  
**Fonte: Bueno (2010) adaptado por Cardoso e Pablos (2014)**

De acordo com USGBC (2009), os níveis de classificação da certificação estão divididos em quatro:

- Certificado - 40-49 pontos;
- Prata - 50-59 pontos;
- Ouro - 60-79 pontos;
- Platina - 80 pontos e acima.

O processo de certificação do LEED é verificado por meio de *check-list* e percorre todas as fases do processo de projeto, desde o projeto básico (composto por estudos, anteprojetos e orçamento estimativo), projeto executivo, execução do projeto e pós-ocupação (BARROS, 2012; SILVA, 2012b).

De acordo com o USGBC (2009) um Profissional LEED AP deve ser uma pessoa de contato no registro do projeto com o USGBC e que seja um membro da equipe responsável pela documentação (BARROS, 2012). O consultor deve ter grande conhecimento acerca da construção sustentável e do processo de certificação LEED. A acreditação deste profissional é concedida depois de realizarem um exame técnico avaliado pelo GBC Brasil (GBC Brasil, 2012).

A partir desta revisão sobre os sistemas CAE escolhidos foi realizado um mapeamento com cinco itens relacionados às principais características de cada um: categorias de avaliação de impacto; aplicabilidade; metodologia de avaliação; complexidade de aplicação e sistema de classificação, listados no Quadro 9.

#### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO COM ABORDAGEM DE ACV

Nos referenciais técnicos de cada CAE selecionada, identificou-se quais categorias de avaliação tem enfoques relacionado ao ciclo de vida de materiais, componentes e/ou sistemas construtivos para edificações a serem construídas, viabilizando o desempenho ambiental dos mesmos.

## **AQUA**

Como mostrado anteriormente o sistema AQUA possui 14 categorias para avaliar seus empreendimentos, dentro destas categorias estão inseridas as subcategorias a serem seguidas, como mostra o Quadro 10. Dentro de cada subcategorias existem as preocupações não mostradas no quadro, mas, que serão descritas conforme a identificação no estudo das subcategorias com abordagem de ciclo de vida.

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>1. Relação do edifício com o seu entorno</b>	1.1 Análise do local do empreendimento
	1.2 Organização do terreno de modo a criar um ambiente agradável
	1.3 Organização do terreno de modo a favorecer a eco mobilidade
<b>2. Qualidade dos componentes</b>	2.1 Qualidade técnica dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	2.2 Qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	2.3 Qualidade sanitária dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	2.4 Revestimentos do piso (condomínios verticais)
	2.5 Revestimentos do piso (casas)
	2.6 Escolher fabricantes de produtos e fornecedores de serviços que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva
<b>3. Canteiro sustentável</b>	3.1 Compromissos e objetivos do canteiro
	3.2 Organização do canteiro
	3.3 Gestão dos resíduos de canteiro
	3.4 Limitação dos incômodos e da poluição no canteiro
	3.5 Consideração de aspectos sociais no canteiro de obras

**Quadro 10 – Categorias de avaliação do AQUA**  
**Fonte: FCAV (2013)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>4. Gestão da Energia</b>	4.1 Concepção térmica
	4.2 Redução do consumo de energia para os sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão
	4.3 Energia térmica solar e/ou painéis fotovoltaicos
	4.4 Desempenho do sistema para produção de água quente
	4.5 Iluminação artificial
	4.6 Elevador (se existir)
	4.7 Redução do consumo de energia dos demais equipamentos
	4.8 Controle do consumo de energia
<b>5. Gestão de Água</b>	5.1 Medição do consumo de água
	5.2 Redução do consumo de água distribuída
	5.3 Necessidade de água quente
	5.4 Gestão das águas servidas
	5.5 Gestão das águas pluviais
<b>6. Gestão dos resíduos</b>	6.1 Identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação com a finalidade de valorização
	6.2 Escolha do modo coletivo de estocagem dos resíduos
	6.3 Reduzir a produção de resíduos e melhorar a triagem
	6.4 Condições de armazenamento coletivo dos resíduos
	6.5 Remoção de resíduo independente do empreendimento (no caso de depósito de resíduo no recinto do empreendimento)
<b>7. Gestão da conservação e da manutenção</b>	7.1 Informações sobre a manutenção
	7.2 Controle do fluxo de água
	7.3 Manutenção da área de depósito de resíduo (se existente)
	7.4 Assegurar manutenção eficiente dos outros equipamentos
	7.5 Gestão técnica e sistemas de automação do edifício

**Quadro 10 – Categorias de avaliação do AQUA**  
**Fonte: FCAV (2013)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>8. Conforto Higrotérmico</b>	8.1 Medidas arquitetônicas em prol do conforto higrotérmico
	8.2 Conforto em período de inverno
	8.3 Conforto em período de verão
	8.4 Medida do nível de higrometria
<b>9. Conforto Acústico</b>	9.1 Levarem em conta a acústica na projeção arquitetônica
	9.2 Qualidade acústica
<b>10. Conforto Visual</b>	10.1 Contexto visual externo
	10.2 Iluminação natural
	10.3 Iluminação artificial
<b>11. Conforto Olfativo</b>	11.1 Controle das fontes de odores desagradáveis
	11.2 Ventilação
<b>12. Qualidade dos espaços</b>	12.1 Qualidade sanitária dos espaços
	12.2 Equipamentos domésticos
	12.3 Segurança
	12.4 Acessibilidade e adaptabilidade do edifício
<b>13. Qualidade Sanitária do Ar</b>	13.1 Controlar as fontes de poluição externas
	13.2 Controlar as fontes de poluição internas
	13.3 Ventilação
	13.4 Medir a qualidade do ar
<b>14. Qualidade Sanitária da Água</b>	14.1 Qualidade da água
	14.2 Reduzir os riscos de legionetose e queimaduras

**Quadro 10 – Categorias de avaliação do AQUA**  
**Fonte: FCAV (2013)**

A partir deste Quadro 10, foram identificadas as seguintes categorias de avaliação com abordagem de CV:

**Categoria – Qualidade dos componentes**

- Subcategoria: **Qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados.**

**Descrição:**

Nesta subcategoria há preocupações com os produtos a serem utilizados na obra e as empresas que serão contratadas para o fornecimento dos mesmos. Dentre estas preocupações pode-se destacar as que consideram a questão do desempenho ambiental desde a fabricação do produto, são elas (FCAV, 2014):

- Escolher produtos e equipamentos apropriados:
    - Ao uso do edifício, das áreas comuns, dos c cômodos das residências e de seus ocupantes;
    - A seu ambiente: resistência a pestes (insetos xilófagos e fungos lignívoros) e a condições climáticas (tropicais, beira-mar, gelo/ degelo, etc.);
    - Que disponham de um reconhecimento de sua qualidade (certificação, prova de conformidade à norma, parecer técnico, etc.) em suas respectivas áreas.
  - Que disponham de um reconhecimento de sua qualidade (certificação, prova de conformidade à norma, parecer técnico, etc.) em suas respectivas áreas:
    - Escolher produtos, sistemas e processos construtivos de empresas participantes e que estejam em conformidade com o PSQ ((Programa Setorial da Qualidade) correspondente a seu âmbito de atuação no SiMaC (Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos) do PBQP-H ou,
      - a) avaliação técnica pelo SINAT
      - b) certificação pelo Inmetro ou pela NBR Iso / IEC Guia 65:1997)
      - c) ensaios de laboratório acreditado pelo Inmetro.
- Se não houver PSQ, atender a), b), ou c).
- d) inspeção do produto no recebimento

Itens acima devem ser atendidos pelo menos quatro para cada uma das partes da edificação: Estrutura, Fachadas e revestimentos externos, Coberturas, Esquadrias voltadas para o exterior, Instalações prediais, Revestimentos internos (piso, parede e forros).

**Aplicação:**

- Auditoria do Pré-Projeto e auditoria do Projeto: documento de comprometimento do empreendedor.
- Auditoria da execução: Lista de materiais + comprovação da qualidade técnica especificando a alternativa adotada.

**Pontuação:**

É considerado um pré-requisito para certificação mínima podendo chegar ao nível de BP ou MP.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Pré-projeto, Projeto e Execução.

- Especificar, no contrato com as empresas, que estas deverão estar em condição de propor ao empreendedor produtos que disponham de informações referentes a seus impactos ambientais, quando elas existirem. Estas informações deverão estar em conformidade com as Fichas de Informação de Produto e as EPDs (Declarações Ambientais de produto). Para as partes da edificação: Estrutura, Fachadas e revestimentos externos, Coberturas, Esquadrias voltadas para o exterior, Instalações prediais, Revestimentos internos (piso, parede e forros).

**Aplicação:**

- Auditoria do Pré-Projeto e auditoria do Projeto: cadernos de encargos do projeto de construção, contratos + estudo comparativo dos dados ambientais desses produtos.
- Auditoria da execução: Lista de materiais + fichas de informação de Produto e/ou EPDs.

**Pontuação:**

É considerado um pré-requisito para certificação mínima podendo chegar ao nível de BP ou MP.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Pré-projeto e Projeto.

- Estudar diferentes cenários de contribuição dos produtos à qualidade ambiental considerando o disposto na norma internacional ISO 21931 (EPDs e as Fichas de Informação de Produto). Estes cenários devem ser para a obra bruta ou para obra limpa, levando em consideração na escolha dos produtos e princípios construtivos implementados e os escolhidos.

**Aplicação:**

- Auditoria do Pré-Projeto e auditoria do Projeto: estudo comparativo dos dados ambientais desses produtos + caderno de encargos do projeto de construção.
- Auditoria da execução: Lista de materiais + fichas de informação de Produto e/ou EPDs + estudo comparativo dos dados ambientais desses produtos.

**Pontuação:**

É pré-requisito para se alcançar o nível máximo de MP se for implementado. Se for apenas escolhido vale 1 ponto para classificar no nível MP.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Pré-projeto e Projeto.

Dentro destas preocupações o AQUA enfatiza a escolha por materiais e sistemas construtivos que possuam selos ou declarações que qualifiquem e quantifiquem-no por informações de fichas de produtos de origem confiável ou até certificados. O referencial cita nesta categoria sobre o PBQP-H relacionado a atividade do SiMaC, que abrange diferentes PSQ direcionado cada tipo de produto, atestando a conformidade de fabricantes e seus respectivos produtos de construção com a relação a padrões definidos de qualidade.

**BREEAM**

No processo de certificação do BREEAM as subcategorias a serem utilizadas são selecionadas de acordo com o projeto da edificação e os objetivos do empreendedor. A CAE não possui subcategorias obrigatórias, mas todas as categorias devem alcançar o peso para se classificarem (a ser definido na fase de

projeto). O sistema BREEAM trabalha seu processo de certificação utilizando nove categorias de avaliação e subcategorias mostradas no Quadro 11:

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>1. Gestão</b>	Guia de usuário doméstico
	Esquema de construtores considerados
	Impactos da construção local
	Segurança
<b>2. Saúde e Bem-estar</b>	Iluminação natural
	Isolamento acústico
	Espaço privado
	Vida útil da casa
<b>3. Energia e Emissões de CO2</b>	Taxa de emissão de CO2 das moradias
	Eficiência energética
	Dispositivos de visualização de energia
	Espaço de secagem
	Energia de produtos de linha branca rotulados
	Iluminação externa
	Tecnologias com carbono baixo e zero
	Ciclo de armazenamento
	Escritório
<b>4. Transporte</b>	Proximidade do empreendimento de rede de transporte público
	Proximidade do empreendimento de comércio básico
	Modos alternativos – bicicletas, sistema de compartilhamento de carro
	Segurança dos pedestres e ciclistas no trânsito

**Quadro 11 – Categoria de avaliação do BREEAM**  
**Fonte: BRE (2013)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>4. Transporte</b>	Plano de viagem disponível aos usuários com informações
	Tamanho máximo de estacionamento
	Área de entrega e manobra sem afetar fluxos
	Espaço destinado para escritórios nas residências
<b>5. Água</b>	Uso de água interior
	Uso de água externo
<b>6. Materiais</b>	Impacto ambiental dos materiais
	Responsável pelo fornecimento de matérias – elementos básicos da construção
	Responsável pelo fornecimento de matérias – elementos de acabamento
<b>7. Resíduos</b>	Armazenamento de resíduos não-recicláveis e resíduos domésticos recicláveis
	Construção de local de gestão de resíduos de compostagem
<b>8. Uso da terra e Ecologia</b>	Valor ecológico do local
	Valorização ecológica
	Proteção das características ecológicas
	Mudança nos valores ecológicos do local
	Pegada do edifício
<b>9. Poluição E inovação</b>	Potencial de aquecimento global (GWP) de isolantes
	Emissões de NOx

**Quadro 11 – Categoria de avaliação do BREEAM**  
**Fonte: BRE (2013)**

A partir deste Quadro 11, foram identificadas as seguintes categorias de avaliação com abordagem de CV, (BRE, 2013):

### **Categoria – Materiais**

- Subcategoria: **Impacto ambiental dos materiais**

**Descrição:**

Visa à escolha de materiais provenientes de processos de produção responsáveis. Os materiais são classificados de acordo com um guia baseado na Avaliação do Ciclo de Vida utilizando a metodologia do perfil ambiental do material. Devem ser atingidos pelo menos três dos elementos: telhado, paredes externas, paredes internas, alto e pisos de terra e, janelas.

**Aplicação:**

Documentação com especificação para cada material utilizado.

**Pontuação:**

Critério obrigatório. 1 a 15 pontos para se alcançar todos os níveis.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Projeto executivo e Pós-ocupação.

- Subcategoria: **Responsável pelo fornecimento de materiais – elementos básicos da construção**

**Descrição:**

Promover a especificação de materiais provenientes de forma responsável para a construção básica. Onde 80% destes materiais avaliados são de origem responsável para os seguintes elementos: estrutura, piso térreo, andares superiores, telhado, paredes externas, paredes internas, fundação, escadaria. A madeira deve ser 100% proveniente de fonte lícita.

**Aplicação:**

Documentação detalhada declarando os materiais especificados em cada elemento da edificação. Mostrando na fase de projeto os elementos da construção.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha. 1 a 6 pontos para se alcançar todos os níveis.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Projeto e Pós-ocupação.

- Subcategoria: **Responsável pelo fornecimento de materiais – elementos de acabamento**

**Descrição:**

Promover a especificação de materiais provenientes de forma responsável para os elementos de acabamento. Onde 80% destes materiais avaliados são de origem responsável para os seguintes elementos: escadas, janelas, portas internas e externas, rodapé, mobiliário, outros de uso significativo. A madeira deve ser 100% proveniente de fonte lícita.

**Aplicação:**

Documentação detalhada declarando os materiais especificados em cada elemento da edificação. Mostrando na fase de projeto e pós-elementos da construção.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha. 1 a 3 pontos para se alcançar todos os níveis.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de Projeto e Pós-ocupação.

**Categoria – Uso da terra e Ecologia**

- Subcategoria: **Pegada do edifício**

**Descrição:**

Esta pegada está relacionada a soma dos componentes que podem causar impactos ambientais, tais como: área de energia fóssil, terra arável, pastagens, florestas, e área urbanizada (WACKERNAGEL et al. , 2005). Esta subcategoria visa promover uso mais eficiente da pegada do edifício, garantindo que o uso da terra e materiais seja otimizado, por meio da relação da área útil interna com a área de maior piso. Estes cálculos incluem valores de proporção onde são aplicados na fase de projeto, concepção e na pós-ocupação do edifício.

**Aplicação:**

Para a fase de projeto é realizado por meio de duas equações, uma para 1 crédito e outra para 2 créditos. Após os cálculos são ponderados por meio de tabela.

Para pós-ocupação é feito por meio de documentação por escrito do desenvolvedor de forma detalhada confirmando que a edificação foi construída de acordo com os cálculos da fase de construção.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha. 1 a 2 pontos para se alcançar todos os níveis.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Pós-ocupação.

**Casa Azul**

A CAE Casa Azul possui 6 categorias para avaliar seus empreendimentos, dentro destas categorias estão inseridas as subcategorias necessárias para se alcançar a certificação, Quadro 12.

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Crítérios</b>
<b>1. Qualidade urbana</b>	Qualidade do entorno - Infraestrutura
	Qualidade do entorno - Impactos
	Melhoria do entorno
	Recuperação de áreas degradadas
	Reabilitação de imóveis
<b>2. Projeto e conforto</b>	Paisagismo
	Flexibilidade de Projeto
	Qualidade do entorno - Infraestrutura
	Qualidade do entorno - Impactos
	Melhoria do entorno
	Recuperação de áreas degradadas
	Reabilitação de imóveis
	Paisagismo
	Flexibilidade de Projeto

**Quadro 12 – Categoria de avaliação do Casa Azul**  
**Fonte: John e Prado (2010)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Crítérios</b>
<b>2. Projeto e conforto</b>	Relação com a vizinhança
	Solução alternativa de transporte
	Local para coleta seletiva
	Equipamentos de lazer, sociais e esportivos
	Desempenho térmico - vedações
	Desempenho térmico - orientações ao sol e ventos
	Iluminação Natural de Áreas Comuns
	Ventilação e iluminação natural de banheiros
	Adequação às condições físicas do terreno
<b>3. Eficiência energética</b>	Dispositivos economizadores – lâmpadas de baixo consumo – áreas privativas
	Dispositivos economizadores – áreas comuns
	Dispositivos economizadores - sistema de aquecimento solar
	Dispositivos economizadores - sistema de aquecimento à gás
	Medição individualizada - gás
	Elevadores eficientes
	Eletrodomésticos eficientes
	Fontes alternativas de energia
<b>4. Conservação de recursos materiais</b>	Coordenação modular
	Qualidade dos materiais e componentes
	Componentes industrializados ou pré-fabricados
	Fôrmas e escoras reutilizáveis
	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)
	Concreto com dosagem otimizada
	Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)

**Quadro 12 – Categoria de avaliação do Casa Azul**  
**Fonte: John e Prado (2010)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Crerios</b>
<b>4. Conservao de recursos materiais</b>	Cimento de alto-forno (CP III) e pozolnrico (CP IV)
	Pavimentao com RCD
	Madeira plantada ou certificada
<b>5. Gestão da água</b>	Medio individualizada – gua
	Dispositivos economizadores – sistema de descarga
	Dispositivos economizadores - arejador
	Dispositivos economizadores – registro regulador de vazão
<b>5. Gestão da água</b>	Aproveitamento de águas pluviais
	Reteno de águas pluviais
	Infiltrao de águas pluviais
	áreas permeáveis
	Medio individualizada – gua
	Dispositivos economizadores – sistema de descarga
	Dispositivos economizadores - arejador
	Dispositivos economizadores – registro regulador de vazão
	Aproveitamento de águas pluviais
	Reteno de águas pluviais
	Infiltrao de águas pluviais
	áreas permeáveis
	<b>6. Práticas sociais</b>
Educao ambiental dos empregados	
Desenvolvimento pessoal dos empregados	
Capacitao profissional dos empregados	
Inclusão de trabalhadores locais	

**Quadro 12 – Categoria de avaliao do Casa Azul**  
**Fonte: John e Prado (2010)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Crítérios</b>
<b>6. Práticas sociais</b>	Participação da comunidade na elaboração do projeto
	Orientação aos moradores
	Educação ambiental aos moradores
	Capacitação para gestão do empreendimento
	Ações para mitigação de riscos sociais
	Ações para geração de emprego e renda

**Quadro 12 – Categoria de avaliação do Casa Azul**  
**Fonte: John e Prado (2010)**

Foram identificadas as seguintes categorias de avaliação com abordagem de CV, a partir deste Quadro 12, (JOHN; PRADO, 2010):

### **Categoria – Conservação de recursos materiais**

- Subcategoria: **Qualidade dos materiais e componentes.**

#### **Descrição:**

Evitar o uso de produtos de baixa qualidade, com o intuito de reduzir o consumo de recursos naturais e financeiros em reparos desnecessários e para melhorar as condições de competitividade dos fabricantes que operam em conformidade com a normalização. Deve-se para isto comprovar a utilização apenas de produtos fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades e PBQP-H.

#### **Aplicação:**

Memorial descritivo especificando que os produtos a serem utilizados provêm de fabricantes que constam da relação de empresas qualificadas, conforme PSQ e PBQP-H. Para programas de crédito imobiliário (recursos do FGTS – Fundo de Garantia do tempo de Serviço, FDS – Fundo de Desenvolvimento Social, FAR – Fundo de Arrendamento Residencial e FAT – Fundo de Amparo ao Trabalhador), devem ser especificadas, em memorial descritivo, até três marcas/modelos dos produtos.

**Pontuação:**

Critério obrigatório para se alcançar o nível mínimo “Bronze”.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto.

- Subcategoria: **Fôrmas e escoras reutilizáveis**

**Descrição:**

Reduzir a madeira em aplicações de baixa durabilidade, diminuindo o desperdício e o impacto ambiental do uso de madeira, além de aumento o uso de materiais recicláveis. Podem ser admitidas duas soluções para a correta pontuação deste critério: 1) existência de projetos de fôrmas, executado de acordo com a NBR 14931; 2) existência de especificação de uso de placas de madeira compensada plastificada com madeira legal e cimbramentos com regulagem de altura grossa (pino) e fina (com rosca) ou selagem de topo de placas e desmoldante industrializado e / ou sistema de fôrmas industrializadas reutilizáveis, em metal, plástico ou madeira, de especificação igual ou superior ao anterior.

**Aplicação:**

Projeto de formas de acordo com a NBR 14931 + Memorial descritivo descrevendo o sistema de fôrmas, com previsão do uso de compensado plastificado, selagem dos topos, cimbramento com regulagem de altura grossa (pinos) e fina, e indicação da quantidade de reutilizações.

**Pontuação:**

Critério obrigatório para se alcançar o nível mínimo “Bronze”.

**Fase do processo de certificação:** Fase de projeto.

- Subcategoria: **Madeira plantada ou certificada**

**Descrição:**

Reduzir a demanda por madeiras nativas de florestas não manejadas pela promoção de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada.

**Aplicação:**

Memorial descritivo especificando o uso de madeira de espécies exóticas – que são necessariamente plantadas, tais como, eucalipto, pinus, teca ou madeiras certificadas pelo FSC (*Forest Stewardship Council*) ou Cerflor (Programa Nacional de Certificação Florestal), em todas as etapas da construção e apresentando as

quantidades estimadas + Declaração de compromisso do proponente de uso exclusivo destes produtos na obra + Documentação comprobatória da aquisição de madeira exótica ao final da obra.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha para se alcançar os níveis “Prata” e “Ouro”.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Fase de pós-construção.

**LEED**

O sistema LEED possui 7 categorias para avaliar seus empreendimentos, dentro destas categorias estão inseridas as subcategorias necessárias para se alcançar a certificação, Quadro 13.

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>1. Espaço Sustentável</b>	Prevenção da poluição na atividade da Construção
	Seleção do Terreno
	Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade
	Remediação de áreas contaminadas
	Transporte alternativo, acesso ao transporte público
	Transporte alternativo, bicicletários e vestiário
	Transporte alternativo, uso de veículos de baixa emissão
	Transporte alternativo, área de estacionamento
	Desenvolvimento do espaço, proteção e restauração do habitat
	Desenvolvimento do espaço, maximizar espaços abertos
	Projeto para água pluviais, controle da quantidade
	Projeto para água pluviais, controle da qualidade
	Redução da ilha de calor, áreas descobertas

**Quadro 13 – Categoria de avaliação do LEED**  
**Fonte: USGBC (2009)**

continua

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>1. Espaço Sustentável</b>	Redução da ilha de calor, áreas cobertas
	Redução da poluição luminosa
<b>2. Uso Racional da Água</b>	Redução no uso da água
	Uso eficiente de água no paisagismo
	Tecnologias inovadoras para águas servidas
	Redução do consumo de água
<b>3. Energia e Atmosfera</b>	Comissionamento dos sistemas de energia
	Otimização da performance energética
	Geração local de energia renovável
	Melhoria no comissionamento
	Melhoria na gestão de gases refrigerantes
	Medições e Verificações
	Energia Verde
<b>4. Materiais e Recursos</b>	Depósito e coleta de materiais recicláveis
	Reuso do edifício
	Gestão de Resíduos da construção
	Reuso de Materiais
	Conteúdo Reciclado
	Materiais Regionais
	Materiais de Rápida Renovação
	Madeira Certificada
<b>5. Qualidade Ambiental Interna</b>	Desempenho mínimo da qualidade do ar interno
	Controle da fumaça do cigarro
	Monitoração do ar externo

<b>Categorias de avaliação</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>5. Qualidade Ambiental Interna</b>	Aumento da ventilação
	Plano de Gestão de Qualidade do Ar
	Materiais de baixa emissão, adesivos e selantes
	Materiais de baixa emissão, tintas e vernizes
	Materiais de baixa emissão, carpetes e sistemas de piso
	Materiais de baixa emissão, madeiras compostas e produtos de agrofibras
	Controle interno de poluentes e produtos químicos
	Controle de Sistemas, iluminação
	Controle de Sistemas, conforto térmico
	Conforto térmico, projeto
	Conforto térmico, verificação
	Iluminação Natural e Paisagem, luz do dia
Iluminação Natural e Paisagem, vistas	
<b>6. Inovação e Processo do Projeto</b>	Inovação no Projeto
	Profissional acreditado LEED
<b>7. Créditos Regionais</b>	Prioridades Regionais

**Quadro 13 – Categoria de avaliação do LEED**

**Fonte: USGBC (2009)**

Foram identificadas as seguintes categorias de avaliação com abordagem de CV, a partir deste Quadro 13, (USGBC, 2009):

**Categoria – Materiais e Recursos**

- Subcategoria: **Reuso de Materiais**

**Descrição:**

Reutilizar materiais e produtos de construção para reduzir a demanda por matérias-primas virgens e reduzir o desperdício, diminuindo assim os impactos associados à extração e processamento de recursos virgens.

**Aplicação:**

Usar materiais recuperados, reformados ou reutilizados, no mínimo de 5% a 10%, com base no custo do valor total dos materiais no projeto. Materiais que podem ser recuperados são vigas, pisos, painéis, portas, quadros, armários, móveis, tijolos e objetos de decoração.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha para todos os níveis. Os percentuais mínimos de materiais reutilizados para pontuação será calculado 1 ponto para 5% de material reutilizado e 2 pontos para 10% de material reutilizado.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Fase de construção.

- Subcategoria: **Materiais Regionais**

**Descrição:**

Aumentar a demanda por materiais de construção e produtos que são extraídos e produzidos na região, apoiando assim a não utilização dos recursos endógenos e reduzir os impactos ambientais decorrentes do transporte.

**Aplicação:**

Escolher materiais de construção ou produtos que foram extraídos, colhidos ou recuperados, bem como os fabricados, a menos de 800 km do local do projeto, para o mínimo 10% a 20% com base no custo total do valor dos materiais. Componentes elétricos e hidráulicos mecânicos e itens especiais, como elevadores e equipamentos não devem ser incluídos neste cálculo. Incluir apenas materiais permanentemente instalados no projeto. Móveis podem ser incluídos de forma consistente nas subcategorias de “Reuso de Materiais” e “Madeira certificada”.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha para todos os níveis. Os percentuais mínimos de materiais regionais para pontuação será calculado 1 ponto para 5% de material reutilizado e 2 pontos para 10% de material reutilizado. Se apenas uma fração de um produto ou material é extraído, colhido ou recuperado e fabricado localmente, então apenas essa percentagem (em peso) pode contribuir para o valor regional.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Fase de construção.

- Subcategoria: **Materiais de Rápida Renovação**

**Descrição:**

Reduzir o uso e esgotamento de matérias-primas e o longo ciclo de matérias-primas renováveis, substituindo por matérias-primas rapidamente renováveis.

**Aplicação:**

Utilização de materiais de construção renováveis rapidamente dentro de um ciclo de 10 anos ou menos, com a percentagem de 2,5% do valor total de materiais de construção utilizados no projeto, baseando-se no custo.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha para todos os níveis com 1 ponto.

**Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Fase de construção.

- Subcategoria: **Madeira Certificada**

**Descrição:**

Incentivar o manejo florestal ambientalmente responsável.

**Aplicação:**

Usar um mínimo de 50% de materiais e produtos a base de madeira, certificados de acordo com os princípios e critérios do FSC, para componentes. Estes componentes incluem no mínimo, esqueleto estrutural e enquadramento geral para pisos, subpisos, portas de madeira e acabamentos. Incluir apenas materiais permanentemente instalados no projeto. Se tais materiais são comprados para uso de vários projetos, o empreendedor pode incluir estes materiais para apenas um projeto, a seu critério. Móveis podem ser incluídos de forma consistente na subcategoria de “Reuso de Materiais”. Estabelecer uma meta do projeto para produtos de madeira certificada pelo FSC e identificar fornecedores que possam atingir esse objetivo. Durante a construção, garantir que os produtos de madeira certificada pelo FSC sejam instalados e quantificar a percentagem total de FSC dos produtos instalados.

**Pontuação:**

Critério de livre escolha para todos os níveis com 1 ponto.

### **Fase do processo de certificação:**

Fase de projeto e Fase de construção.

#### **4.3.1 Discussão sobre os resultados**

As categorias identificadas nas CAE com abordagem de ciclo de vida pode ser resumidas no quadro 14:

<b>CAE</b>	<b>CATEGORIAS C/ ABORDAGEM DE CV</b>
<b>AQUA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Qualidade dos componentes</li></ul>
<b>BREEAM</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiais</li><li>• Uso da terra e Ecologia</li></ul>
<b>Casa Azul</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conservação de recursos materiais</li></ul>
<b>LEED</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiais e Recursos</li></ul>

**Quadro 14 – Resumo das categorias com abordagem CV**  
**Fonte: Autora**

### **AQUA**

O sistema AQUA tem todas suas preocupações inseridas na subcategoria relacionada a qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos que serão utilizados na obra. Estas preocupações estão relacionadas a escolha dos materiais, produtos e equipamentos, na etapa de projeto e execução, que tem alguma comprovação de que sejam de qualidade e não sejam prejudiciais a saúde humana e ambiental.

Tais preocupações são pré-requisitos para se alcançar a certificação em seu menor nível. Apenas a preocupação para estudos de diferentes cenários dos produtos a serem escolhidos na etapa de projeto que a pontuação é de 1 ponto se for implementado ou se escolhido é pré-requisito para se alcançar o nível máximo da certificação.

A forma de comprovação destas preocupações é por meio de selos, certificados ou estejam em conformidade com os programas nacionais de qualidade e até mesmo com alguma declaração de qualidade.

Pode-se perceber que o AQUA trabalha a questão do ciclo de vida dos materiais com a responsabilidade voltada para os fabricantes e fornecedores dos produtos. O empreendedor que passa por esta certificação deve buscar no mercado produtos que já forneçam informações de dados ambientais quantificáveis e relevantes, sobre os aspectos ambientais, de conforto e de saúde dos produtos e materiais da construção.

### **BREEAM**

O BREEAM classifica os materiais por meio de metodologia de um perfil ambiental do mesmo baseando-se na Avaliação do Ciclo de vida. A escolha dos materiais, para a construção da estrutura e acabamento, deve ter origem documentada atestando que são fabricados em conformidade e de forma lícita. Outro quesito que a CAE aborda é a subcategoria “pegado do edifício” a qual visa a otimização do uso dos materiais e água. A classificação ocorre por meio de equação da relação da área interna útil da edificação com a área de maior piso da mesma.

A pontuação dessas subcategorias varia entre 1 a 6 pontos, podendo ser utilizadas para alcançar qualquer nível da certificação. A comprovação destes créditos se dá por documentação nas fases de projeto e ao término da construção.

### **Casa Azul**

O sistema Casa Azul tem a preocupação em reduzir o consumo de recursos naturais e aumentar a vida útil das edificações. Esta vida útil é definida por meio do resultado da influência dos materiais, microclima do ambiente natural e sobre os detalhes de construção da edificação. Um material pode ter durabilidade em determinada situação e ser menos durável em outra, no entanto, todos os materiais são degradáveis. A degradação pode ser retardada se o uso dos diversos materiais for

adequado e o processo de degradação destes seja levado em consideração (JOHN; PRADO, 2010).

Na categoria “conservação de recursos materiais”, o referencial técnico faz menção a ferramenta ACV, como sendo para uso futuro no Brasil, onde cada fabricante deverá informar, além das características técnicas associadas a cada material, os fluxos de matéria e energia típicos, sendo estes dados a serem utilizados pela plataforma BIM (Building Information Modelling). Desta maneira o projetista no futuro, ao selecionar um produto terá as informações de dados quantitativas e qualitativas ambientais (JOHN; PRADO, 2010).

Atualmente, inseridos nesta categoria “conservação de recursos materiais”, relacionados ao ciclo de vida dos materiais e componentes estão as subcategorias “Qualidade dos materiais e componentes”, “Fôrmas e escoras reutilizáveis” e a “Madeira plantada ou certificada”. Sendo os dois primeiros quesitos obrigatórios para certificação mínima (Bronze) e a terceira pontua nos níveis “Prata” e “Ouro”.

A qualidade dos materiais e componentes ocorre na concepção do projeto por meio da seleção dos materiais e fornecedores, na etapa da construção, pela educação dos usuários e operadores. Desta maneira, os resultados positivos são obtidos por empresas que adotem sistema de gestão de qualidade na fabricação de seus produtos, a correta especificação técnica dos mesmos e que estes produtos possuam certificados de qualidade emitidos por entidades certificadoras com notória reputação ou por processo de seleção de fornecedores que inclua a análise da qualidade dos produtos.

As Fôrmas e escoras reutilizáveis incentivam a redução de impacto ambiental relacionados ao consumo de madeira serrada amazônica. O emprego de fôrmas bem projetadas e executadas com materiais duráveis aumenta a produtividade da obra e a montagem e desmontagem rápida com um mínimo de serviços de reparo e com a construção de qualidade, tais como a prevenção de vazamentos de concreto e variações de recobrimento de armaduras, que podem levar a corrosão de armaduras e falhas na estrutura (JOHN; PRADO, 2010).

Por último a questão da madeira plantada ou certificada pelo FSC e Cerflor, extraída de acordo com um plano de manejo de longo prazo, prevê e planeja a extração de forma a minimizar o impacto na floresta remanescente possibilitando a renovação. Desta maneira, evita-se a redução de estoques de carbono nas florestas e preservam-se biomas e reduzem-se as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

A plantação destas madeiras de rápido crescimento, se empregadas em aplicações de grande vida útil, retira-se carbono da atmosfera por longos períodos, colaborando para atenuar o efeito estufa (ZENID, 2009).

## **LEED**

A avaliação do LEED é baseada a partir de uma perspectiva do edifício ao longo do seu ciclo de vida em equilíbrio os princípios ambientais, práticas estabelecidas e conceitos emergentes da CAE. A CAE LEED é a única que trabalha em sua avaliação de impactos com método de caracterização utilizados em estudos de ACV, no caso o TRACI. O método TRACI é utilizado para fazer as ponderações nos créditos das categorias.

A categoria “Materiais e Recursos” é a que está mais direcionada com as questões de ciclo de vida de materiais, trabalhando com as subcategorias relacionadas ao reuso de materiais, utilização de materiais regionais e de rápida renovação, além de pensar na questão do uso de madeira certificada. A pontuação destas subcategorias tem menor pontuação, variando de 1 a 2 pontos, sendo que nenhuma delas é considerada como critério obrigatório. A pontuação destes vai estar relacionada a número de percentagem sobre o valor de custo total de materiais de construção.

## **4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS FASES DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO ABORDADAS NOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO**

O ciclo de vida de uma edificação como visto anteriormente no capítulo 3, é constituído das fases de extração, transporte, manufatura, construção, uso e operação, manutenção e desativação, Quadro 15.

Considerando os estudos do Capítulo 2 e 3 foram identificadas as algumas propostas para as fases do ciclo de vida da edificação em cada CAE.

Processo Informativo	Processo Físico
Planejamento e Projeto	Extração
	Transporte
	Manufatura ou Fabricação dos materiais
	Construção
	Uso e Operação
	Manutenção
	Desativação

**Quadro 15 – Fases de ciclo de vida de uma edificação**

**Fonte: Autora**

## **AQUA**

### **Fase de planejamento e projeto**

As fases planejamento e projeto estão correlacionadas no sistema AQUA está inserida no referencial técnico de SGE, no qual mostra quais as documentações e informações necessárias e as exigências ao início do projeto. Este serve como guia para fixar o comprometimento do empreendedor com os objetivos previstos relacionados ao perfil de qualidade ambiental do edifício, são eles:

- Implementação e funcionamento do empreendimento por meio de planejamento do empreendimento, atribuições de responsabilidades e autoridades, capacidades dos intervenientes para realizar os escopos dos serviços, gestão dos contratos e as formas de comunicação dos resultados dos impactos ambientais do empreendimento e o controle dos documentos;
- Gestão do empreendimento ocorre por meio de monitoramento e análises críticas nas etapas do empreendimento, avaliação de qualidade realizada na fase de projeto e após a execução e, efetuar e executar as correções quando o perfil ambiental não for alcançado.

- Balanço por parte do empreendedor após a entrega da construção para se constatar a pertinência e eficácia das medidas implementadas, a partir da experiência adquirida no processo.
- Proposta de vendas dos imóveis com os informativos necessários para vendas em planta, obra pronta ou como aluguel das unidades habitacionais.

O projeto em si não é trabalhado com clareza, por exemplo, os níveis de detalhamento de projeto. O referencial mostra que tem de ser especificado todos os elementos a serem utilizados na edificação, principalmente os materiais e sistemas construtivos, mas não mostra como se dá o envolvimento dos diferentes projetos, qual o nível de detalhamento necessário, se será integrado os projetos executivos com projetos complementares, por exemplo.

### **Fase de extração**

A extração está relacionada a categoria da qualidade ambiental dos materiais, na qual faz a exigência de comprovação da procedência dos recursos naturais empregados (areia, brita, gesso, pedras naturais, etc.) e da conformidade legal da área de extração dos mesmos.

### **Fase de Transporte**

- A questão do transporte está relacionada a mobilidade local com o intuito de reduzir os impactos e/ou incômodos por meio de:
  - Separação de vias de pedestres e acesso a veículos;
  - Estacionamento para ambulância, veículos, bicicletas e pessoas portadoras de deficiência;
  - Disponibilidade de pontos para recarga de veículos elétricos.
- O transporte está previsto na escolha dos materiais que estejam a menos de 300 km do local da obra para menor emissão de GEE, com no mínimo de 30% de materiais em massa total.

- Na categoria gestão da energia, o transporte está referido sobre o uso de equipamentos eficazes que serão avaliados a partir do estudo de viabilidade realizado no momento da análise do local do empreendimento.

### **Fase de Fabricação**

- Na escolha de materiais faz menção ao uso de cimento CPIII ou CPIV, pois estes apresentam adições de escória de alto forno e de cinzas volantes respectivamente, fazendo com que haja diminuição de emissões dos gases NOx, SOx e CO2 no processo de fabricação. Gases estes que são relevantes para o aumento do efeito estufa.

### **Fase de construção**

A fase de construção está relacionada as auditorias que serão realizadas durante a obra e que a fase construção deve ser prevista no planejamento e projeto. As quatorze categorias da CAE passam por auditoria em fase de obra.

### **Fase de uso e operação**

O sistema recomenda uma lista de informações para as questões de uso e operacionais da edificação:

- **Gestão dos resíduos:** identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação nas atividades habitacionais e áreas comuns. Prever uma coleta interna adequada à coleta externa. Reduzir a produção de resíduos e melhorar a triagem dos mesmos. Prever condições de armazenamento coletivo. Localizar em projeto a área para a remoção dos resíduos. Também a gestão dos resíduos no canteiro de obras.
- **Gestão da conservação e da manutenção:** implementar forma de comunicação para os administradores com práticas ambientais e proposta de uso e operação dos equipamentos com o intuito de manter o desempenho e a gestão patrimonial.

- Manual do usuário para uso e operação: destinado aos usuários finais, de modo a explicar o funcionamento do edifício e suas características ambientais e deve envolver os seguintes itens:
  - Recomendações e boas práticas a serem seguidas sobre os dispositivos construtivos e as particularidades técnicas e ambientais do empreendimento, tais como, funcionamento dos equipamentos de condicionamento de ar, ventilação, iluminação, energias renováveis e as recomendações para que se economize energia e do uso dos equipamentos economizadores de água.
  - Informações sobre as soluções e as particularidades ambientais.
  - Informações sobre boas práticas e comportamento ao ambiente relacionados a energia, ruído, água e resíduos.
  - Informações sobre as regras coletivas relacionadas a rotina dos usuários.

### **Fase de manutenção**

O sistema AQUA tem a categoria voltada para a conservação e manutenção do edifício. Esta categoria tem as subcategorias relacionadas ao controle do fluxo de água, manutenção da área de armazenamento de resíduos, concepção de modo a assegurar uma manutenção eficiente dos outros equipamentos técnicos comuns (boiler, sistema de iluminação, elevador, painéis solares, etc.), gestão técnica do edifício e sistemas de automação residencial.

Estas informações de manutenção devem estar contidas no manual de conservação e manutenção. Este manual deve ser elaborado, de forma que permita que o proprietário mantenha o empreendimento em boas condições e consiga detectar desgastes e deteriorações previsíveis com os objetivos:

- Relacionar as intervenções a serem realizadas, assim como suas periodicidades;
- Dar destaque para a conservação específica aos elementos relacionados à segurança contra incêndios;

- Fornecer um conjunto de cláusulas contratuais aplicáveis às futuras contratações para a conservação, uso e operação do edifício;
- Antecipar prováveis evoluções de exigências e soluções.

## **Fase de desativação**

### **Demolição**

A demolição está relacionada no AQUA com as situações onde irá ocorrer a demolição. É avaliada na categoria de gestão dos resíduos, na qual o empreendedor deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Demolição da edificação pré-existente, contendo:

- Estimativa da quantidade de resíduos gerados.
- Definição de estratégias que privilegiem a desmontagem.
- Identificação das cadeias locais de valorização disponíveis.
- Planejamento da triagem, armazenamento e descarte.
- Garantia de rastreabilidade dos resíduos gerados.
- Beneficiamento dos resíduos da demolição por meio de taxas estipuladas pelo sistema, ou seja o retorno do resíduo ao ciclo produtivo ou de negócios por meio de reuso, reciclagem ou sob forma de energia.

### **Reuso**

As medidas para reuso estão relacionadas:

- Canteiro de obra: emprego de reservatório de decantação para a recuperação das águas usadas na lavagem para a produção de concreto, para seu reuso ou descarte nas redes de drenagem.
- Gestão de resíduos: reuso de materiais vindos de demolições de construções.
- Gestão das águas servidas: reuso apropriado das águas servidas domésticas em função do tratamento realizado.

## **Reciclagem**

A reciclagem está relacionada a categoria de gestão de resíduos, na qual propõem a reciclagem de materiais vindos de demolições de construções.

## **BREEAM**

### **Fase de planejamento**

Na fase planejamento é organizada as atribuições e responsabilidades de todos os agentes envolvidos, tais como: o papel do assessor e avaliadores do processo de certificação, o desenvolvedor (responsável pelo empreendimento), como se dará a avaliação (fase de projeto e pós-construção), as auditorias de verificação administrativa e técnica, além de planejar como se sucederá o órgão de controle do edifício, o qual, assegura que a construção sairá da forma como está em projeto e por fim organização da comunicação sobre o resultado do processo de certificação.

### **Fase de projeto**

Antes do início da construção todos os projetos são avaliados e recebem uma certificação provisória. Esta avaliação exige um nível de detalhamento elevado com todas as especificações de projeto. Por exemplo, detalhes sobre as especificações de todos os sanitários são necessários para calcular a pontuação da certificação em relação a água interior ou os detalhes de paisagismo final e medidas de melhoria ecológicas para que sejam calculados os créditos relativos ao uso da terra.

A certificação BREEAM segue a lógica de que qualquer estimativa na fase de pré-avaliação do projeto pode identificar oportunidades de reprojeção, a fim de maximizar o número de créditos obtidos. Desta forma é mais fácil de alterar os projetos do que se eles já estiverem sendo construídos. O avaliador deve trabalhar em estreita colaboração com a equipe de projeto para alcançar os resultados almejados pelo empreendedor.

### **Fase de extração**

A certificação trabalha com as questões de materiais, abrange todos os principais aspectos do processamento e extração envolvidos na cadeia de abastecimento para o produto final. Uma ou duas entradas principais como a fabricação ou extração devem ser identificados impactos significativos.

Os Materiais reciclados não são obrigados a demonstrar uma cadeia de suprimentos.

- Fornecimento Responsável de Materiais:
  - Telhas cerâmicas: na fase de fabricação deve se identificar os impactos da extração de argila.
  - Em concreto in loco e pré-moldado (incluindo mix pronto e argamassas cimentícias) e outros produtos de concreto (incluindo blocos, revestimento, piso pré-moldado de concreto, ou telhas de cimento): na fase de fabricação deve se identificar os impactos da extração de materiais inertes e da produção.
  - Vidro: na fase de fabricação deve se identificar os impactos da extração de areia e produção de carbonato de sódio.
  - Revestimentos de pedra (incluindo a ardósia): na fase de fabricação deve se identificar os impactos da extração de pedra.
  - Placas de gesso e gesso: na fase de fabricação deve se identificar os impactos da extração de Gipsita.
  - Materiais betuminosos (membranas e asfalto): extração de materiais inertes e da produção.
  - Outros materiais à base de minerais: extração do mineral

### **Fase de transporte**

- Categorias ciclo de armazenamento: o transporte é visto para promover o uso mais amplo de bicicletas como transporte, fornecendo instalações de armazenamento ciclo adequados e seguros, reduzindo assim a necessidade de viagens curtas de carro e as emissões de CO2 associadas.
- A certificação de cadeia de custódia (CoC): garante a rastreabilidade desde a produção da matéria-prima que sai das florestas até chegar ao

consumidor final. A cadeia de custódia é estabelecida e auditada de acordo com as regras dos sistemas de certificação florestal relevantes.

- Impactos do local da construção: para reduzir os impactos ambientais no canteiro de obras, deve-se seguir um ou dois dos procedimentos, dentre os quais está o monitoramento e relato de CO<sub>2</sub> ou consumo de energia decorrente de transporte comercial para o local por meio de registro do número de transportes, km viajados para todas as entregas. Esta quilometragem deve ser feita tanto para entrega direta no local com a rota de múltiplas entregas, esta última deve considerar o último percurso até o local da obra. Estas informações servem para informar o kg de CO<sub>2</sub> para o projeto.
- Meta de alcançar medidas de redução de impacto no transporte na fase de construção. A certificação fornece uma tabela que fornece as médias dos movimentos e distâncias dos transportes.

### **Fase de fabricação**

- Nesta fase o sistema BREEAM tem a preocupação principalmente com o fornecimento de materiais advindos de fontes lícitas, os quais se incluem alguns já citados na fase de extração. Em relação a este fornecimento de materiais responsáveis deve ser identificado as entradas de fabricação ou extração ou se possível as duas. Dentre os materiais estão listados: telhas cerâmicas, concreto, vidro, gesso, pedra, materiais betuminosos e à base de minerais e os outros não vistos na fase de extração, são:
  - Madeira: sempre que a madeira é usada deve ser proveniente de fontes lícitas. O conteúdo da madeira deve ser 100% reciclado. Onde não é possível fornecer provas para demonstrar a terceirização legal para qualquer elemento ou que seja menor que 50% de conteúdo reciclado não há pontos que podem ser concedidos.
  - Cimento e agregados, ou concreto e mistura seca, são misturados no local, (ou seja, concreto não previamente certificado como pré-fabricados de concreto): a certificação deve ser concedida

com a fabricação do cimento como processo primário e, a extração do agregado e calcário usado para fazer o cimento, como processo da cadeia de fornecimento de materiais para os que especificarem os impactos ambientais em seus produtos.

- Plásticos e borrachas (incluindo polimérico torna, EPDM, membranas TPO, PVC e coberturas VET): Especificação no produto dos impactos ambientais na fabricação de produtos plásticos ou borracha e a produção de polímero principalmente .
- Metais (aço, alumínio, etc.): Especificação no produto dos impactos ambientais na fabricação de metal. Aço: processo do forno elétrico a arco ou oxigênio básico. Alumínio: produção de lingotes. Cobre: lingote.
- Materiais para produzir uma estrutura celular, um plástico ou outro isolamento de espuma utilizado na fabricação, instalação, uso e descarte de materiais para isolamento térmico e acústico de espuma: o fabricante deve fornecer informações e documentação comprovando o uso de agentes de sopro ou mistura de agentes de expansão que mostre tem baixos níveis de emissões poluentes. Procedimento a ser realizado por tabelas com taxas de conversão fornecidas pelo BREEAM.

### **Fase de construção**

O sistema BREEAM interfere pouco no empreendimento na fase de construção, as fases mais intensificadas são as de planejamento, projeto e na fase de pós-construção para validar o que foi proposto e realizar as correções a ações corretivas. As ações referentes a fase de construção estão relacionados as publicações documentais ou relatórios sobre as alterações feitas durante a construção diferentes das projetadas impactando sobre o desempenho energético.

### **Fase de uso e operação**

O sistema recomenda uma lista de informações para as questões de uso e operacionais da edificação:

- Energia: para melhor uso das estratégias de projeto recomenda-se um guia para os habitantes para melhor uso e operação das janelas, sistemas de água, instruções para manter a economia do uso de energia e operar o sistema de forma eficiente, explicação da eficácia das lâmpadas e sobre o uso de produtos de linha branca.
- Água: para melhor uso das estratégias de projeto recomenda-se um guia para os habitantes de medidas de poupança e eficiência de uso da água, funcionamento de sistemas de reciclagem de água da chuva.
- Reciclagem e resíduos: para melhor uso das estratégias de projeto recomenda-se um guia para os habitantes, informações sobre a localização e utilização de quaisquer recipientes para reciclagem, caixas de adubo, descarte dos resíduos. Informação sobre o que fazer com os resíduos não abrangidos pelo sistema de recolha padrão.
- Obra: para melhor uso das estratégias de projeto recomenda-se um guia para os habitantes para consideração em quaisquer obras de melhoramento da casa, o uso de produtos de baixo COV ou a compra de madeira certificada.

### **Fase de Manutenção**

Guia para habitantes relacionado as questões de manutenção dos sistemas de água, sistema de energia. As instruções devem explicar ao ocupante como operar o sistema de forma eficiente e fazer a manutenção de rotina e ajustes sazonais para permitir a eficiência dos equipamentos.

### **Fase de Desativação**

### **Demolição**

Em relação aos impactos da obra deve-se considerar entre outros se o local é uma construção de demolição.

Trabalhar em áreas que já foram degradadas, de acordo com uma escala linear, determinada de 0 a 1 ano, a partir das condições do terreno estiver degradado por abandono ou demolição.

## **Reuso**

Na categoria de “Fornecimento Responsável de Materiais” em relação aos elementos básico da construção existe pontuação para reutilização de materiais que forem comprovados podendo chegar a nível excelente e muito bom de classificação.

## **Reciclagem**

A reciclagem considera a madeira utilizada seja 100% para ser pontuada e para outros materiais utilizados com percentual de 50% de reciclagem para mais podem ser pontuados se for comprovado por meio de documento.

Uma questão relacionada à reciclagem, a CAE aborda sobre o lixo doméstico e pontua se for implementado sistemas de reciclagem privada e até mesmo serviço de compostagem comunitária.

Outra questão é um sistema de reciclagem de águas cinza. O sistema deve coletar as águas do chuveiro, torneira e reciclá-lo para a descarga do banheiro.

## **Casa Azul**

### **Planejamento**

Processos essenciais devem ser implementados no início do empreendimento e mantidos ao longo de suas diferentes fases:

- Elaboração da agenda de desempenho socioambiental: Objetivo de estabelecer hierarquias das preocupações socioambientais do empreendimento a serem atendidas, em função da classificação visada e levando-se em conta uma série de outros aspectos.

- Planejamento do empreendimento: Objetivo é organizar por meio dos aspectos como: fase do empreendimento e atividades envolvidas, responsabilidades a serem atribuídas, interfaces entre diferentes agentes e recursos necessários para realizar as diferentes atividades.
- Responsabilidades a serem atribuídas: direcionar os agentes de suas atividades e atribuições.
- Competências: contratação de profissionais que possuam as competências para atender as necessidades do empreendimento.
- Contratos: processo de gestão de contratos, o qual devem envolver o conteúdo detalhado do escopo de serviços, responsabilidades e autoridades dos agentes a serem contratados
- Comunicação: estabelece-se um sistema de comunicação eficiente que cubra todos os agentes envolvidos, sejam eles participantes da equipe do proponente, sejam outras partes interessadas, como os futuros moradores e a vizinhança. Deve-se também definir o que comunicar a cada um, em função das responsabilidades específicas. As comunicações de informações críticas necessárias ao cumprimento das exigências socioambientais do Selo.
- Controle de documentos e de registros: gerenciamento do controle de documentos para que estes sejam mantidos confiáveis e sempre disponíveis para as pessoas que delas se servem.
- Monitoramento e análises críticas: propor um método de monitoramento e análise que o assegure da capacidade dos processos em alcançar os resultados planejados e quando este não for alcançado devem ser efetuadas as correções e as ações corretivas.
- Avaliação do desempenho socioambiental do empreendimento: o empreendedor deve realizar uma avaliação do desempenho socioambiental do empreendimento diante das exigências dos critérios da agenda que definiu para obter a classificação pretendida.

Esta avaliação deve ser registrada em documento que mostre como as mesmas foram atendidas. Quando não forem atendidos um ou mais critérios devem ser aplicada as correções e as ações corretivas.

- Correções e ações corretivas: é recomendável que o proponente estabeleça e mantenha um procedimento para efetuar as correções e executar as ações corretivas, caso o desempenho fixado em um ou mais critérios do Selo não for alcançado. As ações corretivas visam eliminar as causas da não conformidade, de forma a evitar sua repetição.
- Melhoria contínua: recomendável um balanço da experiência, de forma que isto lhe permita implementar soluções já testadas e ações de melhoria em seu sistema de gestão para seus empreendimentos futuros.

A fase de planejamento está ligada também na seleção do terreno, realizando o estudo de viabilidade, tais como, o mapeamento de vazios urbanos em áreas centrais, características de potencial de recuperação de edificações existentes em áreas centrais, questão de planejamento da implantação da edificação no terreno. Na categoria “gestão de água” tem o planejamento do sistema de tratamento de esgoto sanitário, é fundamental a redução do volume de esgoto, o que, por sua vez, é resultante das ações de conservação da água em edificações e, em especial, da redução do consumo.

### **Fase de Projeto**

Elaborar projeto especificando os serviços e materiais previstos para a construção do empreendimento, o proponente deverá atender às normas técnicas vigentes sempre que houver norma da ABNT específica sobre o assunto.

Nesta fase de projeto a certificação diz que os projetos devem ter todos os detalhes, memoriais descritivos, especificações técnicas, cronograma físico-financeiro, planilhas orçamentárias, minuta da convenção de condomínio (se necessário). Os projetos aprovados devem ser mostrados, como da prefeitura, concessionárias, licenças ambientais e alvará de construção. Todas as categorias

de avaliação do sistema Casa Azul devem estar abordadas no projeto conforme o requisitado em cada uma.

### **Fase de extração**

A extração está prevista em alguns dos materiais da categoria “Conservação de Recursos Materiais”, na qual argumenta sobre a importância da procedência dos materiais a serem utilizados na edificação. A certificação mostra que algumas empresas trabalham na informalidade em diversos aspectos, esta ação contribui com impactos de custo e até mesmo no processo de fluxo dos materiais, por exemplo, a extração de matérias-primas.

A extração de matérias-primas para a construção tem significativo impacto em biomas, que vai desde a extração de areias, passando pela mineração da bauxita utilizada no alumínio, por exemplo. Dentre estas preocupações estão:

- Pavimentação com resíduos de construção e demolição utilizados como agregados reciclados: para a redução da pressão sobre biomas afetados pela extração de recursos naturais, redução do volume de resíduos de construção destinados a aterro e malha urbana e redução das despesas de gestão corretiva da deposição ilegal dos resíduos que oneram os municípios.
- Madeira plantada ou certificada: para redução de madeira nativa de florestas não manejadas, pela promoção do uso de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada. Dentre os benefícios está a extração de madeira ilegal destinada a construção civil.

### **Fase de transporte**

O transporte está relacionado a categoria de qualidade urbana, referente a conectividade dos moradores com outros pontos da malha urbana, devendo o empreendimento estar inserido ou proponha linha de transporte público regular que se mantenha disponíveis no entorno.

Na categoria de projeto e conforto o transporte é tratado como solução alternativa não poluente, tais como, o uso de bicicleta, ciclovia ou espaço dentro das edificações para o uso de transportes alternativos e até mesmo transporte coletivo privado.

Outra questão relacionada ao transporte esta na categoria de conservação de recursos materiais, na qual mostra a relevância na seleção dos fornecedores de materiais, os quais devem apresentar graus de compromisso com questões de sustentabilidade, como as distâncias de transporte até o local da obra. Este fator pode apresentar significativo impacto nos fluxos ambientais finais.

### **Fase de fabricação**

A fabricação está relacionada a qualidade de materiais, componentes, dispositivos economizadores de uso da água e equipamentos geradores de energia. A certificação exige que estes elementos sejam fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo “Ministério das Cidades” e PBQP-H e em conformidade com a legislação vigente a cada um.

### **Fase de construção**

O sistema Casa Azul não interfere no empreendimento na fase de construção. O monitoramento das fases é realizado por checklist, avaliando as questões proposta em projeto, por meio de profissional com atribuições a esta responsabilidade. As fases mais intensificadas são as de planejamento e projeto que direcionam o andamento da obra e todos os agentes envolvidos.

As ações referentes a fase de construção estão relacionados as publicações documentais ou relatórios sobre as alterações feitas durante a construção diferentes das que foram projetadas.

### **Fase de uso e operação**

O uso e operação estão relacionados às orientações sobre o uso dos dispositivos e equipamentos por meio de Manual do proprietário, o qual deve conter informações detalhadas sobre os equipamentos instalados no empreendimento e itens

condominiais, assim como sobre os benefícios socioambientais de cada item previsto no projeto. São exemplos, as orientações para o uso do sistema de aquecimento solar, transporte alternativo, uso racional dos recursos naturais (água) e energéticos, coleta seletiva e outros.

## **Fase de desativação**

### **Demolição**

A questão da demolição está relacionada a geração de resíduos oriundos da atividade de demolição durante a obra. A categoria “Conservação de Recurso Material”, do Selo Casa Azul, considera a otimização dos insumos utilizados na construção, com vistas à redução de perdas e redução de resíduos. Para isto podem ser tomadas as seguintes ações:

- Projeto por meio da modulação e do uso de elementos pré-fabricados.
- Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção e demolição – RCD.
- Utilização de pavimentação com resíduos de construção e demolição utilizados como agregados reciclados.

Outra categoria que trata sobre a demolição é a “Prática Social”, na qual propõem a educação e mobilização para os empregados envolvidos na construção do empreendimento para a execução das diretrizes do Plano de Gestão de RCD.

### **Reuso**

O reuso está relacionado a categoria de “Conservação de Recursos Materiais”, na qual a gestão de resíduos deve ter trabalhadores com competências para formas de reutilização dos resíduos na própria obra. Nesta mesma categoria fazem-se recomendações para reuso de fração mineral em aterros para correção de nível, dentro ou fora do canteiro.

Na categoria “Gestão da água” tem a proposta de reuso de águas pluviais por meio de sistema de aproveitamento das águas para o uso em bacias sanitárias, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, lavagem de veículos e espelhos d’água.

## **Reciclagem**

Categoria de “Projeto e Conforto” faz a exigência para local de coleta seletiva com o objetivo de separar os resíduos sólidos domésticos dos materiais recicláveis.

Esta mesma questão se aplica na fase de obra, na qual a categoria “Conservação de recursos materiais” faz a exigência para a gestão do RCD, esta prática recomendada pelas resoluções do Conama facilita a reciclagem e viabiliza a destinação legal. Mesmo não havendo por parte da prefeitura as condições legais de destinação, a segregação dos resíduos nas diferentes classes abre condições para reuso da fração mineral em aterros para correção de nível, dentro ou fora do canteiro. Nesta condição entra o uso de agregados reciclados como base de pavimentação, uma das recomendações da certificação.

A categoria “Prática Social” traz a questão do Plano Educativo sobre Gestão de RCD, o qual deve conter as competências dos trabalhadores da produção nos canteiros de obras. Dentre estas competências esta em conhecer as classes dos diferentes resíduos para evitar a mistura dos mesmos e destiná-los aos diferentes, sejam eles para áreas de transbordo e triagem, aterros, centrais de reciclagem, etc.

## **LEED**

### **Fase de planejamento e projeto**

Estas fases de planejamento e projeto estão envolvidas por meio de sequências de atividades, tais como:

- Realiza se preenchimento do formulário de inscrição online. Por sua vez, o projeto inscrito, a equipe dos projetistas ou os responsáveis pelo mesmo, começam a preparar a documentação e os cálculos necessários ao atendimento dos pré-requisitos e créditos a serem avaliados.

- O GBC Brasil disponibiliza, por meio de ambiente virtual, os profissionais para trabalharem como a certificação e que estejam credenciados pela mesma, além de disponibilizar nomes de empresas de consultoria e alguns dos empreendimentos das mesmas.
- Os projetos devem estar detalhados com todas as necessárias informações para que se avalie os critérios das categorias visando o nível de certificação desejado.

### **Fase de extração**

A fase extração da certificação LEED está relacionada a categoria “Materiais e Recursos”, a qual propõem a reutilização de materiais de construção e produtos como forma de diminuir entre outros os impactos associados à extração e processamento de matérias-primas virgens.

### **Fase de transporte**

O transporte é analisado com uma combinação de abordagens usada para quantificar cada tipo de impacto. Desta forma a certificação LEED trabalha com a proposta de transportes alternativos públicos (ônibus, trem ou outros serviços para o público geral), onde as paradas de ônibus e trem devem estar a uma distância curta de 400 e 800 metros, respectivamente da entrada principal da edificação. Outra proposta da CAE são pontos de bicicletários e vestiários para os ciclistas com o intuito de incentivar a diminuição do uso de veículos movidos à combustão.

Além da proposta para transportes alternativos, a CAE trabalha na categoria “Materiais e Recursos” dentro da subcategoria “Materiais Regionais” com a proposta de demanda por materiais de construção e produtos que sejam extraídos e produzidos na região, com a relação de 800 km do local do projeto para um mínimo de 10% ou 20% do valor total dos materiais, com base no custo.

## **Fase de fabricação**

O LEED trabalha com as subcategorias de reuso dos elementos estruturais e não estruturais da edificação, gestão de resíduos sólidos e a materiais com conteúdo reciclado inseridos na categoria “Materiais e Recursos”, estas subcategorias tem a proposta de reutilizar recursos em partes da obra com o intuito de se diminuir os impactos relacionados ao processo de fabricação dos materiais.

## **Fase de construção**

Para construções novas o LEED avalia em duas fases a edificação, no projeto e na construção. A construção está relacionada ao monitoramento das atividades previstas em projeto por meio de checklist, por profissional com atribuições a esta responsabilidade. A fase de construção está relacionada às publicações documentais ou relatórios sobre as alterações feitas durante a construção diferentes das que foram projetadas.

## **Fase de uso e operação**

O uso e operação estão relacionados às orientações sobre o uso dos dispositivos e equipamento. São exemplos as orientações para o uso do sistema de aquecimento solar, transporte alternativo, uso racional dos recursos naturais (água) e energéticos, coleta seletiva e outros.

## **Fase de desativação**

### **Demolição**

A fase de demolição está relacionada ao uso de restos de demolição a partir de plano de gestão de RCD, o qual deve identificar materiais a ser desviado da disposição em aterros e incinerações para serem na própria construção, propostos na subcategoria de “Gestão dos resíduos da construção” inseridos na categoria “Materiais e recursos”.

## **Reuso**

O reuso é uma questão vista nas categorias da certificação:

- Espaço Sustentável: reuso do solo durante a fase de construção e o reuso da água da chuva por meio de sistema de tratamento natural e mecânico adequado.
- Materiais e recursos: com as subcategorias de reuso dos elementos estruturais e não estruturais da edificação, reuso dos materiais (incluía a madeira) e a gestão de resíduos sólidos em partes da obra com o intuito de se diminuir os impactos relacionados ao processo de fabricação dos materiais.

## **Reciclagem**

A reciclagem é prevista nas categorias da certificação:

- Espaço Sustentável: Espaço para armazenagem e recolhimento de materiais reciclados na fase de obra.
- Materiais e recursos: Utilização de materiais recicláveis na fase de construção com porcentagem de 50% a 75% dos resíduos gerados na obra. Espaço para armazenagem e recolha de materiais reciclados na fase de ocupação em área conveniente. Instruir os ocupantes sobre os procedimentos de reciclagem por meio de programa de reciclagem.

### **4.4.1 Discussão sobre os resultados**

O Quadro 16 mostra o resumo desta identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de ciclo de vida.

Nota-se que as fases de planejamento e projeto estão relacionadas à gestão do empreendimento proposta por cada CAE. Esta gestão mostra todo o direcionamento do processo de certificação, as exigências das fases de projeto e construção e, também os objetivos previstos para o perfil ambiental do empreendimento.

A fase de extração do material está relacionada em todas as CAE, as categorias que estabelecem os critérios para a seleção de material a ser utilizado na edificação. No AQUA é promovida esta fase de extração com a exigência da conformidade em relação a procedência dos recursos naturais empregados. Nas CAE BREEAM e Casa Azul, além da exigência da conformidade, estas listam os materiais que devem ser considerados. O LEED propõe a reutilização de materiais, como forma de diminuir a extração de matéria-prima.

Em relação à fase de transporte, ressalta-se a mobilidade com o entorno, por meio de transportes alternativos, este aspecto é considerado por todas as CAE. Outros aspectos abordados para a fase de transporte é a escolha de materiais que estejam a 300 km ou 800km para as CAE AQUA e LEED, respectivamente. O Casa Azul também faz menção, porém, sem estipular distâncias. Ainda em relação ao transporte o BREEAM promove o monitoramento do nº de registros de transporte para a obra, a fim de medir as emissões de CO2.

**Categorias das CAE nas fases de ciclo de vida**

<b>CAE</b>	<b>Planejamento</b>	<b>Projeto</b>	<b>Extração</b>	<b>Transporte</b>	<b>Fabricação materiais</b>	<b>Construção</b>	<b>Uso e Operação</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Desativação</b>
<b>AQUA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relação do edifício com o seu entorno;</li> <li>Gestão da Energia;</li> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canteiro sustentável;</li> <li>Gestão da conservação e da manutenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão da conservação e da manutenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão dos resíduos;</li> <li>Canteiro sustentável;</li> <li>Gestão da água.</li> </ul>
<b>BREEAM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão;</li> <li>Energia e Emissões de CO2;</li> <li>Transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão;</li> <li>Energia e Emissões de CO2;</li> <li>Água;</li> <li>Resíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão;</li> <li>Materiais;</li> <li>Resíduos.</li> </ul>
<b>Casa Azul</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade urbana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto e conforto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade urbana;</li> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Práticas sociais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não consta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservação de recursos materiais;</li> <li>Gestão da água;</li> <li>Projeto e conforto;</li> <li>Práticas sociais.</li> </ul>
<b>LEED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais e Recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espaço Sustentável;</li> <li>Materiais e Recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais e Recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionado à organização e não as categorias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espaço Sustentável;</li> <li>Uso Racional da Água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não consta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espaço Sustentável;</li> <li>Materiais e Recursos.</li> </ul>

**Quadro 16 – Resumo da identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV**  
**Fonte: Autora**

#### 4.5 CORRELAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS COM AS CATEGORIAS DE IMPACTO DE CADA CERTIFICAÇÃO

Os métodos para a classificação das categorias de avaliação de impacto de ciclo de vida das certificações ambientais escolhidos para este estudo são os mais utilizados atualmente, CML2002, EDIP97, USEtox, Impact World+. A Tabela 2 relaciona as categorias de impacto destes métodos de AICV utilizadas nas categorias de avaliação das CAE.

**Tabela 2 – Relação das categorias de impacto dos métodos de AICV com as CAE (A – AQUA; B – BREEAM; C – Casa Azul; L – LEED)**

Categorias de Impacto	CML 2002	EDIP 97	USEtox	Impact World+	CAE			
	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint e Endpoint</i>	A	B	C	L
<b>Mudanças climáticas</b>	X	X	-	X	X	X	X	X
<b>Consumo dos Recursos</b>	X	X	-	X	-	X	X	-
<b>Uso da terra</b>	X	X	-	-	-	X	X	X
<b>Uso da água</b>	-	-	-	-	X	X	X	X
<b>Toxicidade Humana</b>	X	X	X	X	X	X	-	X
<b>Diminuição de Ozônio</b>	X	X	-	X	X	X	X	X
<b>Criação de Ozônio Fotoquímico</b>	X	X	-	X	X	X	X	X
<b>Ecotoxicidade</b>	X	X	X	X	-	-	-	-
<b>Eutrofização</b>	X	X		X	X	-	-	-
<b>Acidificação</b>	X	X	-	X	X	X	X	X

Fonte: Autora

## AQUA

Categorias relacionadas às Mudanças climáticas, Diminuição de Ozônio, Eutrofização, Acidificação dos solos e das fontes de água, Criação de Ozônio Fotoquímico estão direcionadas nos indicadores ambientais das normas sobre produtos (EN 15804 – “Sustentabilidade na construção – Declarações ambientais de produtos de construção – Regras específicas para cada categoria de produto) e edifícios (EN 15978), os quais devem ser medidos respectivamente [kg CO<sub>2</sub>-eq], [kg CFC-11eq], [kg PO<sub>4</sub>-eq], [kg SO<sub>2</sub>eq], [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>eq]. Estes itens devem ser considerados na CAE na categoria da qualidade ambiental do edifício, inserido na subcategoria “Qualidade dos componentes”.

O Uso da água na CAE está relacionado na categoria “Canteiro Responsável” inserido na subcategoria “Organização do canteiro”, a qual propõe o monitoramento da qualidade dos efluentes lançados nas galerias de águas pluviais na medida do risco de poluição e também impõe para as empresas contratadas, dentre outros, reservatório de decantação para recuperação das águas usadas na lavagem da betoneira utilizada para produção de concreto, antes de seu reuso ou antes do descarte nas redes de drenagem. Nesta mesma categoria, propõem-se a implementação do controle do consumo de água no canteiro de obras por meio de ações de sensibilização dos operários, da escolha de materiais, da instalação do canteiro e dos procedimentos de construção.

Outra categoria relacionada ao uso da água é a “Gestão da água” na qual propõem instalação de medidores de água individuais nas edificações, instalação de equipamentos economizadores nas bacias sanitárias. Outra questão que a categoria aborda é a redução do consumo de água potável, determinando aos usuários finais uma referência de consumo tanto para as áreas individuais como para as áreas coletivas. Além das subcategorias que propõem medidas para a gestão das águas servidas e pluviais. As águas servidas devem ser tratadas antes da devolução a rede de esgoto e também reutilizadas em partes da edificação após tratamento. Para as águas pluviais prevê-se a gestão da retenção da vazão de escoamento de modo a favorecer o descarte gradual na rede pública, considerando o coeficiente de

impermeabilização. Também para as águas pluviais é estimulado o reaproveitamento das águas por meio de sistema apropriado.

A Toxicidade Humana também está relacionada, na categoria “Canteiro Responsável”, na qual propõe a organização do canteiro incluindo informações ambientais, por profissional qualificado, sobre a presença de substâncias perigosas ou inflamáveis que possam trazer situações de risco a saúde humana. Assim como, na categoria “Qualidade sanitária do ar” exige-se a identificação e redução dos efeitos das fontes de poluição internas ao longo do ciclo de vida do edifício e do grau de risco sanitário ligado a estas fontes, desta forma, devem-se conhecer as emissões de fibras e material particulado provenientes dos produtos em contato com o ar interior por meio de informativos disponibilizados pelos fabricantes.

## **BREEAM**

As Mudanças climáticas estão relacionadas na categoria “Água” com o uso do local (terreno, cursos d’ água, esgoto) a ser implantado o empreendimento no caso de prevenção de área impermeável para que ao longo do tempo de vida não ocorra mudanças no clima.

Na categoria “Poluição e Inovação” consta que os fabricantes devem confirmar por escrito que os materiais de espuma ou propulsores utilizados para pulverizar ou injetar isolante, que o produto utiliza agentes de expansão com GWP menor que o indicado pelo IPCC, relacionadas aos aspectos das Mudanças climáticas, como também da Diminuição de Ozônio e Toxicidade humana.

A Toxicidade Humana está relacionada também aos resíduos gerados pela construção civil, na qual propõe que sejam previstos as substâncias perigosas e tomados os procedimentos para sua minimização.

A questão do “Consumo dos Recursos” está envolvida na categoria de “Materiais” na qual os materiais a serem utilizados na construção devem ser especificados e serão avaliados por cálculo, dentre tantos materiais requeridos, estão os a base de minerais, incluindo a fibra de cimento e silicato de cálcio.

Em relação ao uso da terra, a CAE BREEAM promove questões sobre a análise prévia de terrenos, para ver se são contaminados com riscos de incidentes de poluição ou não e também para ver se há águas subterrâneas inseridas na categoria “Água” outra questão que aborda é sobre a implantação do terreno ter análise prévia

de impactos que possam antever modificações em cursos d' água. Outra questão sobre o uso da terra está na categoria "Uso da terra e Ecologia" na qual se propõe que para toda construção a ser realizada deve-se ter um parecer de um ecologista sobre o valor desta terra, no qual deve incluir entre outros o levantamento da fauna e flora para que haja impacto sobre estes na implantação da edificação e assim tomar as medidas cabíveis para a proteção de áreas naturais, vegetação e todo o contexto ecológico que estiver no local.

Uso da água está relacionado com os sistemas de água eficientes, instalação de equipamentos economizadores de água; reuso de água da chuva por meio de sistema de tratamento adequado e reuso de águas domésticas para as áreas de jardim, lavagem de áreas externas e reuso em bacias sanitárias.

Na categoria "Gestão" se propõe um guia para os usuários finais, sobre o qual faz recomendações para o uso de produtos com baixo COV que contribuem para a criação de ozônio fotoquímico, tais como solventes, colas, algumas tintas e vernizes. Também na categoria "Poluição", prevê a redução das emissões de NOx para atmosfera por meio do projeto, determinando projetos de aquecimento de água apropriado, sistemas elétricos com taxas previstas de baixo NOx. A certificação fornece tabelas de cálculos para se medir as emissões e após faz as pontuações devidas.

A Acidificação está relacionada a categoria "energia e emissões de CO2", com as subcategorias:

- Taxa de emissão de moradia – limitar as emissões de CO2 resultantes do funcionamento da habitação;
- Fabricação de energia eficiente – melhorar o desempenho energético para a redução do CO2 ao longo da vida da habitação;
- Produtos rotulados de linha branca e iluminação externa – promover o fornecimento ou compra de produtos de linha branca que tenham eficiência energética e redução das emissões de CO2.
- Tecnologias de baixo e zero carbono – limitar as emissões de CO2 e as despesas decorrentes da operação da habitação e manutenção, incentivando a especificação de fontes de baixa energia e zero carbono;

- Ciclo de armazenamento – promover o amplo uso de bicicletas como transporte, fornecendo instalações e armazenamento adequados, para a redução de viagem curta de carro e emissões de CO2.

### **Casa Azul**

Os aspectos relacionados às Mudanças climáticas estão na categoria “Projeto e conforto” na subcategoria do paisagismo. Esta subcategoria propõe a redução da quantidade dos GEE lançados na atmosfera, com as soluções que visem a regulação de umidade, sombreamento vegetal e uso de elementos paisagísticos, melhorando assim o desempenho térmico. Outra categoria relacionadas as mudanças climáticas é a “conservação de recursos materiais”. Esta categoria promove o uso de madeiras plantadas e certificadas pelo FSC e pelo Cerflor para que preservem os biomas importantes e evite-se a redução dos estoques de carbono da floresta e das emissões de GEE.

A questão do consumo de recursos está envolvida nesta CAE na categoria “Eficiência Energética” a qual propõe o uso de biomassa (óleos vegetais, madeira e resíduos agrícolas) para a produção de energia elétrica por meio de tecnologia adequada. O uso de combustíveis fósseis (recurso) esta associado a categoria “Conservação de recursos materiais”, a qual propõe na subcategoria “cimento de alto-forno (CPIII) e pozolânico (CP IV), a substituição do clínquer por resíduos reativos hidraulicamente, por exemplo a escória granulada de alto-forno e as cinza volantes, pois a produção do clínquer apresenta emissões de GEE devido ao uso de combustíveis fósseis. A categoria “Conservação de recursos materiais” também associa ao consumo de recursos a escolha de materiais de boa qualidade, para se diminua o consumo dos mesmos sem a necessidade de corrigir os materiais defeituosos. Outra questão da mesma categoria é a redução de perdas de materiais utilizando componentes industrializados, colaborando assim com a redução do consumo dos recursos.

O Uso da terra, está relacionado a categoria “Projeto e Conforto”, por meio da subcategoria “Adequação às condições físicas do terreno”, promove adequação da edificação à topografia do terreno, visando reduzir o volume de terra movimentado com remoções, cortes e aterros que são as principais causas da erosão. As inundações são também preocupantes em relação ao uso da terra, e estão

relacionadas às questões de análise do local a ser implantado a edificação para se descartar a possibilidade de inundações, inserida na categoria “Qualidade urbana” em relação a “qualidade do entorno”. Outra questão relacionada na categoria “Gestão da água”, previne a retenção de águas pluviais de modo controlado para escoar nas redes públicas evitando o risco de inundações, assim como manter as exigências legais para áreas permeáveis. Ainda sobre os aspectos do uso da terra, a CAE faz menção sobre a importância da preservação do curso d’água dentro dos parâmetros legais na categoria “Qualidade urbana”.

A categoria “gestão da água” relaciona os aspectos do Uso da água:

- Aproveitamento de água pluvial para que diminua o consumo de água potável e esta água seja utilizada nas atividades como irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e descarga em bacias sanitárias.
- Instalação de componentes economizadores de água para redução do consumo de água e redução do volume de esgoto a ser coletado e tratado e, redução de insumos utilizados no tratamento de água, quanto de esgoto.

A Diminuição de Ozônio nesta CAE está relacionada a processos térmicos da fabricação de materiais de construção e alguns com decomposição de calcário, contribuindo assim com a formação do buraco na camada de ozônio.

Por fim, a acidificação está relacionada a categoria “Conservação de recursos materiais” a qual propõe a redução do CO<sub>2</sub> por meio de:

- Otimização do uso de cimento na produção de concreto estrutural, por meio de processo de dosagem e produção controlados e de baixa variabilidade;
- Substituição do calcário por resíduos (escórias e cinzas volantes) ou materiais abundantes (pozolana produzida com argila calcinada) na produção do cimento de alto-forno (CPIII) e pozolânico (CPIV).

Uso de madeira certificada ou plantada de forma manejada.

## LEED

As questões relacionadas as mudanças climáticas e diminuição do ozônio estão atribuídas aos sistemas de refrigeração na categoria “energia e atmosfera”. Promove o uso sistemas de refrigeração, ventilação que não usem refrigerantes ou com baixa carga de refrigerantes, que não contenham os HCFCs.

A questão do uso da terra está relacionada a categoria “Espaço Sustentável”, na qual propõe dentre outras coisas, a prevenção da poluição na atividade da construção, seleção do terreno, densidade urbana e conexão com a comunidade e, remediação de áreas contaminadas para a redução da pressão sobre os terrenos não urbanizados.

O uso da água esta relacionado com a categoria “Uso racional da água”, por meio de proposta de inserção de equipamentos economizadores de água, sistemas de tratamento para águas residuais com vistas ao reuso em áreas que não precisam de água potável, como na irrigação de áreas verdes. Ainda nesta categoria programa para redução do uso de água potável nas residências e sistema de captação da água pluvial para uso em atividades externas de uso comum.

A categoria “Qualidade ambiental interna” relaciona os aspectos que podem causar a toxicidade humana, tais como:

- Evitar o uso de materiais de acabamento com altos níveis de COV e formaldeído;
- Recuperar, isolar e verificar se necessário ao utilizar materiais tóxicos ou a criação de gases de escape;
- Implementar medidas para evitar o rastreamento de poluentes para áreas do edifício.

Ainda na categoria “Qualidade ambiental interna”, a questão da criação de ozônio fotoquímico está relacionada a subcategoria “Materiais com baixa emissão”, na qual lista os materiais e seus respectivos níveis máximos de emissões de COV e, desta forma possam ser escolhidos para a edificação e em seguida pontuados conforme os cálculos da lista. A acidificação está relacionada aos níveis de CO<sub>2</sub> produzido no

ambiente interno pelo alto uso de equipamentos de ventilação em espaços com densidade elevada de ocupação, os quais devem ser monitorados por meio de sistema adequado, estes itens estão na categoria “Qualidade ambiental interna”.

O Quadro 17 mostra o resumo das categorias de impacto de cada sistema de CAE correlacionadas aos aspectos ambientais dos métodos de AICV.

CAE	Mudanças climáticas	Consumo dos Recursos	Uso da terra	Uso da água	Toxicidade Humana	Diminuição de Ozônio	Criação de Ozônio Fotoquímico	Ecotoxicidade	Eutrofização	Acidificação
AQUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canteiro sustentável</li> <li>Gestão de Água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canteiro sustentável</li> <li>Qualidade Sanitária do Ar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade dos componentes.</li> </ul>
BREEAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Água;</li> <li>Poluição e Inovação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Água;</li> <li>Uso da terra e Ecologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poluição e Inovação</li> <li>Resíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poluição e Inovação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão.</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia e Emissões de CO2.</li> </ul>
CASA AZUL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto e conforto</li> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiência Energética</li> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projeto e conforto</li> <li>Qualidade urbana</li> <li>Gestão da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservação de recursos materiais.</li> </ul>
LEED	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia e atmosfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espaço Sustentável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso racional da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade ambiental interna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia e atmosfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade ambiental interna.</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade ambiental interna.</li> </ul>

Quadro 17 – Resumo das categorias de impacto de cada sistema de CAE correlacionadas aos aspectos ambientais dos métodos de AICV

Fonte: Autora



## 5 RECOMENDAÇÕES PARA ADA PARA USO DA TÉCNICA DE ACV EM SISTEMAS CAE

Pode-se observar, através dos resultados apresentados no capítulo 4 com base na revisão bibliográfica do capítulo 3, que a técnica de ACV nos sistemas de CAE encontra-se em estágio inicial de implantação, necessitando de aspectos práticos que possam ser adaptados ao processo de certificação das edificações. Diante dos resultados das análises chegou-se ao resumo do quadro 18:

CAE	I	II	III
<b>AQUA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade dos componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade dos componentes;</li> <li>• Canteiro sustentável;</li> <li>• Gestão da água;</li> <li>• Relação do edifício com o entorno;</li> <li>• Gestão da Energia;</li> <li>• Gestão da conservação e da manutenção;</li> <li>• Gestão dos resíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade dos componentes;</li> <li>• Canteiro sustentável;</li> <li>• Gestão de Água;</li> <li>• Qualidade Sanitária do Ar.</li> </ul>
<b>BREEAM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais;</li> <li>• Uso da terra e Ecologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais;</li> <li>• Gestão;</li> <li>• Energia e Emissões de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Água;</li> <li>• Resíduos.</li> <li>• Transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais;</li> <li>• Uso da terra e Ecologia;</li> <li>• Gestão;</li> <li>• Energia e Emissões de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Água;</li> <li>• Resíduos;</li> <li>• Poluição e Inovação.</li> </ul>

**Quadro 18 – Resumo das análises das CAE**

(I – Categorias das CAE com abordagem CV; II - Identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV; III – Categorias de impacto das CAE correlacionadas aos aspectos ambientais dos métodos de AICV).

Fonte: Autora

continua

CAE	I	II	III
<b>Casa Azul</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação de recursos materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação de recursos materiais;</li> <li>• Qualidade urbana;</li> <li>• Projeto e conforto;</li> <li>• Gestão da água;</li> <li>• Práticas sociais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservação de recursos materiais;</li> <li>• Qualidade urbana;</li> <li>• Projeto e conforto;</li> <li>• Gestão da água;</li> <li>• Eficiência Energética.</li> </ul>
<b>LEED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais e Recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais e Recursos;</li> <li>• Espaço Sustentável;</li> <li>• Uso Racional da Água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaço Sustentável;</li> <li>• Uso racional da água;</li> <li>• Energia e atmosfera;</li> <li>• Qualidade ambiental interna.</li> </ul>

**Quadro 18 – Resumo das análises das CAE**

(I – Categorias das CAE com abordagem CV; II - Identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV; III – Categorias de impacto das CAE correlacionadas aos aspectos ambientais dos métodos de AICV).

Fonte: Autora

Sabendo-se que esta pesquisa tem foco em materiais, componentes e sistemas construtivos, reconhece-se no quadro 18 que a categoria relacionada a materiais aparece em todas as CAE e abrange quase todas as três análises.

É possível depreender das análises sobre as CAE AQUA, BREEAM, Casa Azul e LEED alguns itens para serem considerados para escolha entre elas, Quadro 19:

**Principais requisitos para escolha de materiais nas CAE**

AQUA	BREEAM	Casa Azul	LEED
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha de produtos e equipamentos com reconhecimento de qualidade (fichas de Produto e EPDs);</li> <li>• Empresas em conformidade (PSQ, SiMaC, PBQP-H);</li> <li>• Estudar diferentes cenários para escolha de produtos com possam melhor qualidade ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha de materiais com reconhecimento de qualidade (abordagem de ACV por meio de lista de indicadores ambientais);</li> <li>• Medição da pegada ecológica do edifício (ponderação por meio de lista de indicadores ambientais).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha de fabricantes com reconhecimento de qualidade (Ministério das cidades e PBQP-H).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha de materiais com reconhecimento de qualidade (materiais provenientes de reciclagem e reutilização).</li> </ul>

**Quadro 19 – Requisitos para a escolha de materiais nas CAE**

Fonte: Autora

Considerando-se que a ACV é a técnica que quantifica com a máxima precisão do quanto está sendo gasto de matérias-primas e de energia no ciclo de vida de determinado produto. A partir dos resultados desta avaliação, pode-se determinar o perfil de desempenho ambiental do produto e assim dar suporte à tomada de decisão visando minimizar os impactos ambientais.

Reconhece-se que a base de dados de inventário referentes aos materiais, componentes e sistemas construtivos no Brasil ainda é escassa. Isto contribui para a dificuldade de se aplicar a ACV, principalmente em CAE, estas que por sua vez, são processos sistêmicos que requerem período extenso para serem aplicados em empreendimentos. Porém, os resultados das análises mostram o interesse das CAE e até algumas iniciativas para se considerar a ACV no processo de certificação. Neste sentido é possível realizar recomendações para a melhoria e disseminação do uso da ACV nas CAE para o cenário brasileiro:

- Propor o uso da técnica, inicialmente, nas categorias de avaliação consideradas obrigatórias ou padrão da certificação;
- Selecionar a categoria de avaliação que tendenciosamente, contribua para gerações de elevados impactos ambientais;
- Considerar possível aplicação de ACV em determinado empreendimento para pelo menos um material, componente e sistema construtivo, como critério obrigatório, com as seguintes condições:
  - Realizar estudo de ACV para um material desde a fase de extração, até a desativação, em conjunto com o fabricante;
  - Propor equipes “qualificadas” para realizar estudo de ACV em parte da construção. Exemplo: no sistema estrutural, na fase de construção por meio da classificação da ACV em *Gate to grave*.

Por último é possível correlacionar as categorias de impacto de cada sistema CAE identificadas na pesquisa relacionadas às fases de ciclo de vida (apresentadas no quadro 16) e os aspectos ambientais dos métodos de AICV (apresentados no quadro 17), como mostra o Quadro 20:

AQUA

Fases de ciclo de vida								
Planejamento	Projeto	Extração	Transporte	Fabricação materiais	Construção	Uso e Operação	Manutenção	Desativação
Categories de impacto	Aspectos ambientais							
Qualidade dos componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Diminuição de ozônio</li> <li>Criação de ozônio fotoquímico</li> <li>Eutrofização</li> <li>Acidificação</li> </ul>	Não consta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Diminuição de ozônio</li> <li>Criação de ozônio fotoquímico</li> <li>Eutrofização</li> <li>Acidificação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Diminuição de ozônio</li> <li>Criação de ozônio fotoquímico</li> <li>Eutrofização</li> <li>Acidificação</li> </ul>	Não consta.			
Canteiro sustentável	Não consta.					<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso da água</li> <li>Toxicidade humana</li> </ul>	Não consta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso da água</li> <li>Toxicidade humana</li> </ul>
Gestão da água	Não consta.							<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso da água</li> </ul>
Qualidade Sanitária do ar	Não consta.							

Quadro 20 –Categorias das CAE com abordagem de CV correlacionadas com as fases do ciclo de vida e os aspectos ambientais

Fonte: Autora

continua

BREEAM

		Fases de ciclo de vida								
		Planejamento	Projeto	Extração	Transporte	Fabricação materiais	Construção	Uso e Operação	Manutenção	Desativação
Categorias de impacto	Aspectos ambientais									
Água	Não consta.						<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Uso da terra</li> <li>Uso da água</li> </ul>	Não consta.		
Poluição e inovação	Não consta.									
Materiais	Não consta.					<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de recursos</li> </ul>	Não consta.			
Uso da terra e ecologia	Não consta.									
Resíduos							<ul style="list-style-type: none"> <li>Toxicidade humana</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Toxicidade humana</li> </ul>	
Gestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	Não consta.			<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de ozônio</li> </ul>	
Energia e emissão CO2	Não consta.				<ul style="list-style-type: none"> <li>Acidificação</li> </ul>	Não consta.				

**Quadro 20 –Categorias das CAE com abordagem de CV correlacionadas com as fases do ciclo de vida e os aspectos ambientais**

Fonte: Autora

continua

Casa Azul

		Fases de ciclo de vida									
		Planejamento	Projeto	Extração	Transporte	Fabricação materiais	Construção	Uso e Operação	Manutenção	Desativação	
<b>Categorias de impacto</b>	<b>Aspectos ambientais</b>										
<b>Projeto e conforto</b>	Não consta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Uso da terra</li> </ul>	Não consta.						<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Uso da terra</li> </ul>		
<b>Conservação de recursos materiais</b>	Não consta.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Consumo de recursos</li> <li>Diminuição de ozônio</li> <li>Acidificação</li> </ul>	Não consta.						<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudanças climáticas</li> <li>Consumo de recursos</li> <li>Diminuição de ozônio</li> </ul> Acidificação	
<b>Eficiência energética</b>	Não consta.										
<b>Qualidade urbana</b>	Uso da terra	Não consta.			Uso da terra	Não consta.					
<b>Gestão da água</b>	Não consta.									<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso da água</li> </ul>	

Quadro 20 –Categorias das CAE com abordagem de CV correlacionadas com as fases do ciclo de vida e os aspectos ambientais

Fonte: Autora

continua

		Fases de ciclo de vida								
		Planejamento	Projeto	Extração	Transporte	Fabricação materiais	Construção	Uso e Operação	Manutenção	Desativação
<b>LEED</b>	<b>Categorias de impacto</b>	<b>Aspectos ambientais</b>								
	Energia e atmosfera	Não consta.								
	Espaço Sustentável	Não consta.						• Uso da terra	Não consta.	• Uso da terra
	Uso Racional da Água							Uso da água		
	Qualidade ambiental interna	Não consta.								

**Quadro 20 –Categorias das CAE com abordagem de CV correlacionadas com as fases do ciclo de vida e os aspectos ambientais**  
**Fonte: Autor**

O quadro 20 mostra em relação ao AQUA três categorias:

A categoria “Qualidade dos componentes”, “Canteiro sustentável” e “Gestão da água”. A primeira categoria está inserida nas fases de planejamento, extração e transporte, visando aspectos ambientais relacionados às mudanças climáticas, diminuição de ozônio, criação de ozônio fotoquímico, eutrofização e acidificação.

A segunda está inserida nas fases de uso e operação e na desativação, relacionada com os aspectos ambientais uso da água e toxicidade humana.

E a terceira está inserida na fase de desativação e relacionada ao uso da água.

Em relação a CAE BREEAM, o quadro 20 demonstra a relação com quatro categorias:

A “Água” está relacionada a fase de uso e operação com foco em mudanças climáticas, uso da terra e uso da água.

A categoria “Materiais” está sendo trabalhada na fase de fabricação de materiais, visando o consumo de recursos.

A categoria “Resíduos” está inserida na fase de uso e operação relacionando-se com os aspectos da toxicidade humana.

Ainda a “Gestão” ocorre nas fases de planejamento, projeto, extração, uso e operação até a desativação orientada a criação de ozônio.

Por fim a “Energia e emissão CO<sub>2</sub>” está inserida na fase de transporte com vistas a acidificação.

Em relação ao selo Casa Azul:

A categoria “Projeto e conforto” está inserida nas fases de projeto e desativação orientadas aos aspectos ambientais mudanças climáticas e uso da terra.

A categoria “Conservação de recursos naturais” encontra-se nas fases de extração e desativação com vistas as mudanças climáticas, consumo de recursos, diminuição de ozônio e acidificação.

A categoria “Qualidade urbana” ocorre na fase de planejamento relacionando-se com uso da terra.

Por último a categoria “Gestão da água” está relacionada a fase de desativação orientada ao uso da água.

No sistema LEED a relação encontrada está na categoria “Espaço Sustentável” nas fases de uso e operação e desativação visando o uso da terra

A categoria “Uso Racional da Água” está relacionada a fase de uso e operação sendo orientada ao uso da água..

## CONCLUSÕES

Ressalta-se que a ACV é uma técnica de avaliação ambiental que quantifica os gastos de matérias-primas e de energia no ciclo de vida de determinado produto. A partir dos resultados desta avaliação, pode-se determinar o perfil de desempenho ambiental do produto e assim dar suporte à tomada de decisão visando minimizar os impactos ambientais. Assim fica evidente a necessidade da inclusão da ACV em sistemas de certificação ambiental de edificações.

A utilização da técnica de ACV nas CAE mostrou-se em passos iniciais. Todas as CAE já iniciaram pelo menos o pensamento de ciclo de vida como base para conhecimento por parte dos interessados. Algumas CAE possuem iniciativas com propósitos mais adequados ao uso da técnica, como é o caso do BREEAM e do LEED. O BREEAM classifica os materiais escolhidos por meio de abordagem de ACV, sendo esta, a ser comprovada com documentação de origem da fabricação. O LEED faz a ponderação dos créditos das categorias utilizando o método de caracterização de impacto TRACI (desenvolvido para o contexto da América do Norte).

Um fator importante identificado foi a questão das fases de ciclo de vida abordadas pelas CAE, em suma, quase todas propõe as fases de extração, transporte, fabricação, construção, uso e operação e a desativação nas categorias de avaliação com foco na escolha de materiais. Observando-se que as fases de planejamento, projeto e manutenção são abordadas em algumas certificações, como o BREEAM. O AQUA promove somente a fase de Manutenção em suas categorias. O Casa Azul trabalha só com a categoria direcionada ao planejamento e projeto, e não com a fase de manutenção. Por fim, o LEED não direciona nenhuma categoria a respeito do planejamento, projeto e manutenção.

Destaca-se ainda sobre as categorias de avaliação CAE que relacionam os aspectos ambientais dos métodos de AICV. As CAE têm propostas correlacionadas com os aspectos de mudança climática, uso da água, diminuição de ozônio, criação de ozônio fotoquímico e acidificação. Isoladamente, as CAE BREEAM e Casa Azul relacionam questões sobre o consumo de recursos. Além, as CAE BREEAM, Casa

Azul e LEED propõem categorias relacionadas ao uso da terra. Em relação a toxicidade humana, são apontados parâmetros nas CAE AQUA, BREEAM e LEED. Observa-se que os aspectos sobre a ecotoxicidade não são relacionados por nenhuma CAE analisada nesta pesquisa.

Sabendo-se que os métodos de AICV têm categorias de impacto desenvolvidas para o contexto local, regional e global, pode-se considerar para uso no contexto brasileiro, com base na literatura existente o uso de métodos que possuem categorias com abordagem global para serem utilizados como fator de ponderação nas categorias das CAE, são eles: CML 2002 (considerado de aplicabilidade global, pois das 25 categorias, apenas duas são aplicáveis somente na Europa), EDIP 97, USEtox, Impact World+.

Outra questão relevante é o uso da tecnologia BIM para realizar avaliações de ciclo de vida, o sistema Casa Azul faz menção para no futuro a integração nas fases de projeto. No entanto, se faz emergencial para uso no processo de projeto atual, os quais já poderiam iniciar as simulações de projetos utilizando recursos do BIM.

Aponta-se sobre as projeções de aplicabilidade da técnica de ACV estarem inseridas nas categorias relacionadas aos materiais, categoria esta considerada como padrão para quase todas as CAE. Isto seria possível, se as CAE considerassem em alguma fase do empreendimento para a escolha de material a ser determinado a aplicação de um estudo de ACV como critério obrigatório.

O presente trabalho atingiu seu objetivo ao identificar e analisar a aplicabilidade e as tendências desses quatro sistemas de certificação ambiental de edificações, além de realizar um estudo aprofundado da temática ACV e CAE.

Propõe-se um aprofundamento de pesquisa a partir desse estudo para trabalhos futuros:

- Pode-se realizar a aplicação em tipologia habitacional, como estudo de caso, dos sistemas estudados com o objetivo de ver os níveis de desempenho que pode ser alcançado o mesmo empreendimento para CAE diferentes. Esta aplicação pode ocorrer em uma etapa da construção da edificação, por exemplo, a etapa de sistemas construtivos, utilizando os créditos que abordam a avaliação do ciclo de vida.

- Pode-se realizar estudo de ACV com a utilização da plataforma BIM, aplicado em fases do processo de projeto de uma edificação para avaliação de desempenho ambiental e consequente ponderação dos dados obtidos para pontuação nas categorias relacionadas a escolha de materiais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALYAMI, S. H.; REZGUI, Y. Sustainable building assessment tool development approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 5, p. 52-62, Dec. 2012.

ANDERY, P. R. P. Desenvolvimento de produtos na construção civil: uma estratégia baseada no lean design. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 236-241. 1 CD-ROM.

ANGELINI, R. Ecossistemas e modelagem ecológica. In: Pompéo, M.L.M. (Ed). **Perspectivas da Limnologia no Brasil**. São Luís: União, 1999.

ARAÚJO, T. C. A. Principais marcos históricos mundiais da educação ambiental. **Ambiente Brasil**, 2007. Disponível em:<  
<http://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2007/09/11/33350-principais-marcos-historicos-mundiais-da-educacao-ambiental.html>>. Acesso em: 7 nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001** – Sistema da gestão ambiental – requisitos com orientações para uso – diretrizes. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14025** – Rotulagem ambiental tipo III – princípios e diretrizes – diretrizes. Rio de Janeiro, 2006. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14031** – Gestão ambiental – avaliação de desempenho ambiental – diretrizes. Rio de Janeiro, 2015. 44 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040** – Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044** – Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b. 46 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1** – Edifícios habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. De; TORRES, S. C. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. UFAL. Maceió: Edufal, 2007. 164p.

BARE J.C. (2002). Developing a Consistent Decision-Making Framework by Using the U.S. EPA's TRACI Systems Analysis Branch, Sustainable Technology Division, National Risk Management; Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH; Disponível em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/traci/aiche2002paper.pdf>>. Acesso em 25 nov 2013.

BARROS, A. D. M. **A adoção de sistema de avaliação ambiental de edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: motivações, benefícios e dificuldades**. 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BENTO, R. C. et al. Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado – uso da avaliação do ciclo de vida (ACV). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 55., 2013, Gramado. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2013. p. 1-16.

BEQUEST TOOLKIT. **Assessment methods: all reviews**. (2001). Disponível em: <<http://research.scpm.salford.ac.uk/bqtoolkit/index2.htm>> Acesso em 25 ago 2014.

BERNARDO, J. **Sustentabilidade ambiental e sustentabilidade social** – os limites e avanços do programa coleta seletiva de lixo no município do Cabo de Santo Agostinho, 1998/2004. 2006. 285 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

BRAND, G. **Bewertung in okobilanzen mit der methode der okologischen knappheit**. Bern: BUWAL, 1998. (Schriftenreihe Umwelt, 297).

BRASIL. Estatuto das Cidades. **Lei Nº 10.257** (2001). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10257.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 9.433** de Recursos Hídricos (1997). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 9.605** de Crimes Ambientais (1998). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 9.795** de Educação Ambiental (1999). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. (PNMA). **Lei Nº 6.938** (1981). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei Nº 12.305** (2010). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l12305.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC). **Lei Nº 9.985** (2000). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRASILEIRO, S. B. de C. **Adequação ao Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal de Edificações do Programa Minha Casa Minha Vida**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.

BRIBIÁN, I. Z.; USÓN, A. A.; SCARPELLINI, S.. **Life cycle assessment in buildings**: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, vol. 44, pp. 2510–2520. 2009.

BRUNDTLAND, G. H. **Eighth and final meeting of the commission on environment and development**. Tokyo: [s.n.], 1987. Disponível em:<[http://regjeringen.no/upload/SMK/Vedlegg/Taler%20og%20artikler%20av%20tidligere%20statsministre/Gro%20Harlem%20Brundtland/1987/Address\\_at\\_Eighth\\_WCED\\_Meeting.pdf](http://regjeringen.no/upload/SMK/Vedlegg/Taler%20og%20artikler%20av%20tidligere%20statsministre/Gro%20Harlem%20Brundtland/1987/Address_at_Eighth_WCED_Meeting.pdf)>. Acesso em: 5 Nov. 2013.

BUENO, C. Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação. **Revista Minerva**, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2010.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A.; OMETTO, A. R. A Life cycle assessment and the environmental certification systems of buildings. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 8, n. 1, p. 7-18, jan./jun. 2013.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD CENTRE. **Bespoke International Process**. [S.l.:s.n.], 2013. Disponível em:<<http://www.breeam.org>>. Acesso em: 18 set. 2013.

BUILDING FOR ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SUSTAINABILITY (BEES). **Information**. (2013). Disponível em: <<http://www.bfrl.nist.gov / OAE / software / bees.html>>. Acesso em 25 nov 2013.

CALDEIRA-PIRES, A.; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. Uso potencial da análise do ciclo de vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, DF; v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

CARDOSO, P. F.; PABLOS, J. M. Certificações habitacionais e a avaliação do ciclo de vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: Marketing Aumentado, 2014.

CARVALHO, M. B. M. Avaliação de ciclo de vida: ferramenta do pensamento sistêmico. **Sustentabilidade em Debate**, p. 1-2, 2010. Disponível em: <<http://www.red.unb.br/index.php/sust/article/viewFile/736/452>>. Acesso em: 2 nov. 2013.

CASTRECHINI, A.; POL, E.; GUÀRDIA, J. O. Media representations of environmental issues: from scientific to political discourse. **European Review of Applied Psychology**, v. 64, n. 5, p. 213-220, 2014.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

CHEVALIER, J. L.; LE TENO, J. F. Requirements for LCA-based model for the evaluation of the environmental quality of building products. **Building and Environment**, v. 31, n. 5, p. 487-491, 1996.

COLE, R. J. Charting the future: emerging trends in building environmental assessment methods. **Building Research and Information**, v. 26, n. 1, p. 3-16, 1998.

COLE, R. J.; LARSSO, N. N. **Green building challenge 2002** – GBTool user manual. [S.l.:s.n.], 2002.

COMPRENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR ENVIRONMENT EFFICIENCY (CASBEE). **Information**. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2014.

CORREA, E.; COMIM, F. Impactos potenciais da mudança climática no desenvolvimento humano. **XXXVI Encontro Nacional de Economia**, Salvador –Ba, dez. 2008.

COSTA, H. G. Auxílio Multicritério à Decisão: método AHP. ABEPRO, 2006

COUNCIL INTERNATIONAL BUILDING. **Agenda 21 para construção sustentável**. São Paulo: [s.n.], 2000.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Review of the EU Sustainable Development Strategy (EU SDS). Bruxelas: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2010117%202006%20INIT>> Acesso em 15 jan. 2015.

CUNHA, V. **Certificação ambiental de edificações**: lições aprendidas e visão de futuro – experiências brasileiras: BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method. São Paulo: [s.n.], 2011.

DGNB – **Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen eV**. Informe Geral. Disponível em < <http://www.dgnb.de/de/>>. Acesso em 7 fev. 2015.

DINIZ, E. M. Os resultados da *Rio1+10*. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 15, p. 31-35, 2002.

DU PLESSIS, C. Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. **CIB Information Bulletin**, n. 2, p. 1-2, 2002. Disponível em :<<http://www.cibworld.nl/pages/begin/Agenda21Brochure.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2011.

FERREIRA, A. B.; COSTA, A. L. S.; SANTOS, C. R.; SILVESTRE, K. B. Avaliação do impacto ambiental do uso e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Vacaraí-Mirim/RS-Brasil. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25-30, p. 3769-3776, Natal-RN, abril, 2009.

FINNVEDEN, G. et al. Recent developments in life cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 1, p. 1-21, 2009.

FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios**: o caso de escritórios em Florianópolis. 2008. 342 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação**: edifícios habitacionais. [S.l.]: Fundação Vanzolini, 2013. Versão 2.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Edifícios residenciais em construção**: AQUA-HQE™ certificado pela Fundação Vanzolini e Cerway – referencial de avaliação da qualidade ambiental de edifícios residenciais em construção. [S.l.]: Fundação Vanzolini, 2014a.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Regras de certificação AQUA-HQE™ certificado pela Fundação Vanzolini para edifícios em construção**. [S.l.]: Fundação Vanzolini, 2014b.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação AQUA-HQE™**: Sistema de Gestão do Empreendimento - SGE para edifícios em construção. [S.l.]: Fundação Vanzolini, 2014c.

GABI. Information. (2013). Disponível em: <<http://www.pe-europe.com>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. Atlas: São Paulo, 2007.

GOEDKOOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The Eco-indicator 99 a damage oriented method for life cycle impact assessment**: methodology report. 3rd ed. Amersfoort: PRé Consultants, 2001.

GOMES, L. O. Design de informação e a modelagem conceitual nos softwares de ACV – estudo de caso Umberto. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE ENSEÑANZA DE DISEÑO, COMISIÓN SUSTENTABILIDAD Y ECODISEÑO EN LA ENSEÑANZA - MATERIALES E TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES, 2., 2011, Buenos Aires. **Anales...** Buenos Aires, 2011.

GONÇALVES, O. M. Uso Racional da Água nos Edifícios. 2002. Disponível em <[http://pcc5100.pcc.usp.br/05\\_Agua/uso%20racional%20agua-25-03-2002.pdf](http://pcc5100.pcc.usp.br/05_Agua/uso%20racional%20agua-25-03-2002.pdf)> São Paulo, 2002. Acesso em: 20 ago. 2014.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. R. Rio+20 ou Rio-20? Crônica de um fracasso anunciado. **Revista Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 19-39, 2012.

GUINÉE, J.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; van OERS, L.; SLEESWIJK, A. W.; SUH, S.; UDO DE HAES, H. A.; de BRUIJN, H.; van DUIN, R.; HUIJBREGTS, M. A. J. (2001). Handbook on Life Cycle Assessment. Operational guide to the ISO standards. Volume 1, 2a, 2b and 3. CML, Leiden.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Info sheet:** página institucional. 2012. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br>> Acesso em: 20 ago 2014.

GREEN BUILDING INITIATIVE. **History of the green globes system.** 2004. Disponível em:<<http://www.thegbi.org/products/green-globes/history.shtml>>. Acesso em: 14 nov. 2013.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F. Certificação ambiental de habitações – comparação entre LEED for homes, processo AQUA e selo Casa Azul. **Revista Ambiente e Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 195-214, 2014.

HASELBACH, L.; Potential for Carbon Dioxide Absorption in Concrete, Journal of Environmental Engineering, 135 (6): pg. 465-472, ASCE, 2009.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 54, n. 2, p. 1-21, 2005.

HAUSCHILD, M. Z.; POTTING, J. Spatial differentiation in life cycle impact assessment – the EDIP 2003 methodology. **Environmental News**, n. 80, 2004.

HERNANDES, T. Z. **LEED-NC como Sistema de avaliação da sustentabilidade: uma perspectiva nacional?** 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HILGENBERG, F. B. **Sistema de certificação ambiental para edifícios estudo de caso: AQUA.** 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

HUIJBREGTS, M. et al. **USEtox™ User manual.** Fev. 2010.

INSTITUT FÜR UMWELTINFORMATIK HAMBURG GMBH. Conheça Umberto-Software de gestão ambiental e análise de fluxos de materiais e energia, Alemanha, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Censo Demográfico 2010** (Famílias e domicílios – Resultados da amostra), Rio de Janeiro, p. 1-203, 2012.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT. **Energy and environment issues in the building sector.** [S.l.:s.n.], 2009.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (IPCC). Summary for policymakers. In: Solomon, S.; QIN, D.; MANNING, M.; ENHEN, Z.; MARQUIS, M. AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. **Climate Change 2007: The physical science basis.** Contribution of working Group I to the Fourth Assessment Report of

the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. P. 2-18, 2007.

ITSUBO, N.; SAKAGAMI, M.; WASHIDA, T.; KOKUBU, K.; INABA, A. (2004). **Weighting Across Safeguard Subjects for LCIA through the Application of Conjoint Analysis**. IJLCA 9(3), 196-2005.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. (Coords.). **Boas práticas para habitação mais sustentável** – selo Casa Azul. São Paulo: Páginas e Letras, 2010.

JOHNSON, B. **Barriers to certification for LEED registered projects**. 2005 90pages. Master of Science, Department of Construction Management – Colorado State University Fort Collins, Colorado, 2005.

JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. (EC-JRC). **Analysis of existing environmental impact assessment methodologies for use in life cycle assessment**. ILCD Handbook International Reference life cycle data system. Luxembourg: Office of the European Union, 2010a.

JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. (EC-JRC). **Framework and requirements for life cycle impacts assessment models and indicators**. ILCD Handbook International Reference life cycle data system. Luxembourg: Office of the European Union, 2010b.

JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. (EC-JRC). **General guide for life cycle assessment – detailed guidance**. ILCD Handbook International Reference life cycle data system. Luxembourg: Office of the European Union, 2010c.

JOLLIET, O. et al. **Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan**. 2 éd. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2010.

JOLLIET, O. et al. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.8, n.6, p.324-330, 2003.

JUNIOR, N. B. C. **A certificação verde no setor da construção civil: Os benefícios da implementação da gestão e uso eficiente da água.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

KALBUSCH, A. **Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida.** 2011. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

KIENTZEL, J. Voluntary environmental building rating schemes as a method of sustainable public procurement. In: SEMINARY SUSTAINABLE PROCUREMENT OF THE STOCKHOLM UNIVERSITY, 2010. Proceedings... [S.l.:s.n.], 2010.

KLEIN, S. E. S.; SELL, I. Gestão ambiental na construção civil de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003.

KLEIN, S. S. **Diretrizes de gestão ambiental na indústria da construção civil de edificações.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.

KOLLNER, T. **Land use in product life cycles and ecosystem quality.** Frankfurt and LESTIENNE, B. **Johannesburg, ou “RIO+10” – 2ª Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: [s.n.], 2002. Disponível em: <<http://resistir.info/>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

LIMA, A. M. F. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil – inserção e perspectivas.** 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

LUCAS, S. M. S. de O. **Critérios ambientais na utilização de materiais de construção.** 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental, Materiais e

Valorização de Resíduos) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

MACEDO, D. B. G. **Metodologia de avaliação do ciclo de vida de sistemas construtivos** – aplicação em um sistema estruturado em aço. 2011. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAGNANI, J. M. **Análise comparativa do selo Casa Azul e do sistema de certificação LEED for homes**. 2011. 77 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Infarma**, v. 16, n. 11-12, p. 67-77, 2004.

MENDES, N. C. (2013). **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida**: análise e subsídios para a aplicação no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2013.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (MPOG). Melhoria da gestão pública por meio da definição de um guia referencial para medição da definição do desempenho da gestão, e controle para o gerenciamento dos indicadores de eficiência, eficácia e de resultados do programa nacional de gestão pública e desburocratização – produto 4: **guia referencial para medição de desempenho e manual para construção de indicadores**. (2009). Brasília, 2009.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

MONTEIRO, H.; FREIRE, F. Life-cycle-assessment of a house with alternative exterior walls: comparison of three impact assessment methods. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 572-583, Apr. 2011.

MORENO, A. C. R. **Minha Casa Minha Vida**: Análise de desempenho térmico pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R (2013). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

NEPA – **National Environmental Policy Act**. Lei 91-190 (1969). Disponível em: <<http://www.epw.senate.gov/nepa69.pdf>>. Acesso em: 15 dez.. 2014.

NRDC – **Natural Resources Defense Council**. Disponível em: <<http://www.nrdc.org/about/>>. Acesso em: 15 dez.. 2014.

ODUM, E. P. **Ecologia**; trad. Cristopher J. Tribe – Ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 1985.

OLIVEIRA, L. D. Os “Limites do crescimento” 40 anos depois: das “profecias do apocalipse ambiental” ao “futuro comum ecologicamente sustentável”. **Continentes**, v. 1, n. 1, p. 72-96, 2012.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PATRICIO, R. M. R.; GOUVINHAS, R. P. The Development of a design model to support the production environmental buildings appropriate to the reality of northeast part of Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN AND THE GLOBAL ECONOMY, 15., 2005, Melbourne. **Proceedings...**, Melbourne: Institution of Mechanical Engineers, 2005.

PAVAN, A. L. R. (2014). **Análise de Modelos de caracterização de impactos do uso da terra para a avaliação de impacto do ciclo de vida e recomendações para subsidiar a aplicação no Brasil**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos 2014.

PEGORARO, L. A. **Desenvolvimento de fatores de caracterização para toxicidade humana em avaliação do impacto do ciclo de vida no Brasil**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre planos diretores municipais e planos de bacia hidrográfica. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 5., n. .2, p. 13-25, jul./dez. 2013.

PIEKARSKI, C. M. et al. Métodos de avaliação de impacto do ciclo de vida: uma discussão para adoção de métodos nas especificidades brasileiras. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 3, p. 222-240, set. 2012.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência da SindusCon-SP**. São Paulo: Obra Limpa, 2005.

PRECONSULTATS. SimaPro 7 – versão 7.0.1. ©PreConsultants Amersfoort, The Netherlands. 2007.

REBITZER, G. et al. Life cycle assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, v. 30, n. 5, p. 701-720, Jul. 2004.

RIBEIRO, W. C. Desenvolvimento sustentável e segurança ambiental global. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**. n. 312, 2001.

REIJNDERS, L.; VAN ROEKEL, A. Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 7, n. 3, p. 2221-2225, Mar. 1999.

ROCHA, T. B.; UGAYA, C. M. L. Adaptação dos ICVS de Palma (Dendê) no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2., 2010, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2010. p. 52-57.

RODRÍGUEZ, O. O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Life cycle assessment of two dwellings: one in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 12, p. 2435-2443, 2010.

ROMANO, F. V.; BACK, N.; OLIVEIRA, R. A Importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001. p. 1-5.

ROMÃO, C. **Avaliação de desempenho ambiental** – conceituação. 2004. Disponível em:<<http://www.cesarromao.com.br/redator/item24146.html>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

ROSSI, E. (2013). **Avaliação do Ciclo de Vida da Brita para a construção civil: Estudo de Caso**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

SANTI, T. Ecotoxicidade e legislação. Série Seminário Meio ambiente. **Revista O papel**, capítulo III, p.20-22, fev. 2013.

SEQUINEL, M C. M. Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável – Joanesburgo: entre sonho e o possível. **Análise Conjuntural**, v. 24, n. 11-12, p. 12-15, nov./dez. 2002.

SEVERO, E. M. F.; CARVALHO FILHO, A. C.; SOUSA, H. J. C. Comparativo das principais ferramentas para avaliação do ciclo de vida de edificações. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 3., 2012, Maringá. **Anais...** Maringá: [s.n.], 2012.

SILVA, A. L. R. T. da. **Desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais para avaliação do ciclo de vida (ACV) de produtos no estado de São Paulo**. 2010. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia

Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012a. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, G. A. Avaliação do ciclo de vida – sua importância para a sustentabilidade da construção civil. In: CICLO DE DEBATES SOBRE CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL “MEIO AMBIENTE EM DEBATE” – Insumos e Resíduos, 2007a, São Paulo. **Anais...** [S.l.:s.n.]: 2007. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/noticias/2007/10/gil.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

SILVA, R. C. Proposta de melhorias para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. 2012b. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, V. B.; CRISPIM, J. Q. Um breve relato sobre a questão ambiental. **Revista GEOMAE**, v. 2, n. 1, p. 163-175, 2011.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_. Uso de materiais e sustentabilidade. **Revista Sistemas Prediais**. v. 1, p. 30-34, 2007b. Disponível em:<<http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/index.asp?RevistaID1=7&Edicao=22&id=200&TopicoID=318>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE

EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2001, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2001.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. (Eds.). **Construção e meio ambiente**. Porto Alegre: Habitare, 2006. cap.4, p. 96-126. (Coletânea Habitare, 7).

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. **Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice**. Washington: SETAC, 1993.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. **A Technical framework for life-cycle assessment**. Washington, DC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

SOUZA, D. M. **Proposta de um modelo de caracterização de impactos do uso da terra, segundo indicadores de biodiversidade em AICV: cálculo de fatores de caracterização para ecorregiões brasileiras**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SOUZA, J. C. S. A Norma de desempenho de edificações NBR 15.575. In: ENCONTRO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA, 41., 2012, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: [s.n.], 2012. Comunicação Técnica Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

STEEN, B. **A Systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)**. Version 2000 – general system characteristics. [S.l.]: Centre for Environmental Assessment of products, 1999a (CPM report, 4).

\_\_\_\_\_. **A Systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)**. Version 2000 – models and data of the default method. [S.l.]: Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems, 1999b. (CPM report, 5).

STERN, N. **Ster Review on the Economics of Climate Change**. Cambridge University Press. 2006.

SURABHI, J.; GENTRY, R.; BAYER, C.; GAMBLE, M. Charaterizing the impact of concrete in na overall building framework: The promise of whole-building LCA. In: **CONCRETE SUSTAINABILITY CONFERENCE** (2010). National Ready Mixide Concrete Association, abr. 2010.

TACHARD, A. L. R.S. (2010). **Desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais para avaliação do ciclo de vida (ACV) de produtos no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

TAKEDA, A.; TACHARD, A. L.; OMETTO, A. R. Levantamento de métodos de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) mais recorrentes em estudos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2.**, 2010, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. p. 223-228.

TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. 2006. Teses (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TODD, J. A.; CURAN, M. A. **Streamlined life-cycle assessment**: a final report from the SETAC North America streamlined LCA workgroup. Washington: Environmental Toxicology, 1999.

TOFFOLETTO, L.; DESCHÊNES, L.; SAMSON, R. LCA of ex-Situ bioremediation of diesel-contaminated soil. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v.10, n.6, p.406-416, 18 Oct. 2005.

TRUSTY, W. B. Incorporating LCA in green building rating systems. **Revista Eletrônica**: Athena Sustainable Materials Institute, p. 19-22, Dec. 2009. Disponível em:<[http://www.athenasmi.org/wpcontent/uploads/2012/0/AWMA\\_Incorporating\\_LCA\\_.pdf](http://www.athenasmi.org/wpcontent/uploads/2012/0/AWMA_Incorporating_LCA_.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2012.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2011). **Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from economic growth**. A report of the working group on decoupling to the international resource panel. FISCHER, m. k.; SWILLING, m.; von WEIZSACKER, E. U.; REN, Y.; MORIGUCHI, Y.; CRANE, W.; KRAUSMAN, F.; EISENMENGER, N.; GILJUM, S.; HENNICKE, P.; ROMERO, P. L.; SIRIBAN, A. M. (eds.) UNEP, p. 1-3, 2011.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Life cycle approaches** – the road from analysis to practice. Paris: Life Cycle Initiative, 2005.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **Info sheet**. 2013. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>>. Acesso em: 23 Sept. 2013.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **Info sheet**. 2013. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>>. Acesso em: 23 Sept. 2013.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **Green building rating system: LEED for new construction and major renovation** – with alternative compliance paths for projects outside the U.S. [S.l.:s.n.], 2009.

WACKERNAGEL, M. et al. **National footprint and biocapacity account 2005: the underlying calculation method**. [S.l.]: Global Footprint Network, 2005.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. **Environmental Assessment of Products**. Bonton/Dordrecht/London Kluwer Academic Publisehrs, 1997.v.1 e 2.

ZANGHELINI, G. M. et al. Percepção do uso de diferentes métodos de AICV: uma comparação baseada no aquecimento global. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 3., 2012, Maringá. **Anais...** Maringá: [s.n.], 2012.

ZENID, G. J. (Coord.). **Madeira**: uso sustentável na construção. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas/SVMA, 2009. Publicação IPT n. 3.010. Disponível em: <[http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual\\_madeira.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_madeira.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2014.

ZHENG, G.; JING, Y.; HUANG, H.; ZHANG, X.; GAO, Y.. Application of Life Cycle Assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*. V. 34, issue 11, pp. 1870-1879. 2009.