

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

ANA JULIA CAMPOS KFOURI

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS CERTIFICAÇÕES
AMBIENTAIS PARA EDIFÍCIOS NO BRASIL**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2018

ANA JULIA CAMPOS KFOURI

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS CERTIFICAÇÕES
AMBIENTAIS PARA EDIFÍCIOS NO BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis, do Curso de Pós-graduação Lato Sensu da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Dr. Cassia Maria Lie Ugaya

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba, Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Especialização em Construções Sustentáveis



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS PARA EDIFÍCIOS NO BRASIL

Por

ANA JULIA CAMPOS KFOURI

Esta monografia foi apresentada em 27 / 08 / 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Cássia Maria Lie Ugaya
Orientadora

Profa. M.Sc. Vania Deeke
Membro Titular

Prof. Dr. André Nagalli
Membro Titular

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

KFOURI, Ana Julia Campos. Compartilhamento da informação e do conhecimento em bibliotecas especializadas. 2018. 69 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

As construções e o meio ambiente estão sempre interligados de alguma maneira, seja em aspectos positivos ou negativos. Quando deseja-se entender e quantificar os aspectos negativos, como os impactos ambientais, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma abordagem de grande eficácia. Para a realização de um estudo de ACV, busca-se informações desde a extração até a destinação dos materiais ou processos utilizados em cada edificação. A ACV quantifica os impactos ambientais, como consumo energético ou emissões de gases do efeito estufa provenientes das etapas de uma obra, possibilitando a equipe responsável tomar decisões mais conscientes durante a construção. Com base nisso, a ACV se ajusta satisfatoriamente na avaliação de medidas de desempenho ambiental e é possível incluí-la aos sistemas de certificação ambiental. Nessas circunstâncias, este presente trabalho busca analisar a relação entre a ACV e os sistemas de Certificação Ambiental de Edificações no Brasil. O objetivo foi atingido por meio de revisão bibliográfica e pesquisa exploratória. As Certificações escolhidas para análise neste trabalho foram BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA por enfatizarem a ACV em seus sistemas. Ao longo do trabalho notou-se que a ACV é exigida por meio de materiais com Declaração Ambiental de Produto (EPD) em todas as quatro Certificações e por meio de uma Avaliação do edifício como um todo nos Selos BREEAM e LEED. Para uma melhor explicação de como a ACV é exigida, um exemplo de empreendimento que tenha conquistados os créditos relacionados a ACV em cada Certificação foi apresentado. Ao final, foi realizado uma comparação entre os quatro Selos e discutido a situação atual do Brasil no atendimento destas exigências.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida, Certificações Ambientais para Edifício, BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA.

ABSTRACT

KFOURI, Ana Julia Campos. Information and knowledge sharing in special libraries. 2018. 69 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

The buildings and the environment are always interconnected in some way, whether in positive or negative aspects. When you want to understand and quantify the negative aspects, such as environmental impacts, the Life Cycle Assessment (LCA) is a very effective approach. In order to perform a LCA study, information is sought from the extraction to the destination of the materials or processes used in each building. The LCA quantifies environmental impacts, such as energy consumption or greenhouse gas emissions from the stages of a construction, enabling the responsible team to make more conscious decisions during construction. Based on this, the LCA is satisfactorily adjusted to evaluate environmental performance measures and it is possible to include it in Environmental Certification Systems. In these circumstances, this present work seeks to analyze the relationship between the LCA and the Environmental Certification Systems of buildings in Brazil. The objective was achieved by means of bibliographical review and exploratory research. The certifications chosen for analysis in this work were BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa and AQUA for emphasizing of LCA in each system. Along the paper, it was noted that the LCA is required by means of materials with Environmental Product Declaration (EPD) in all four Certifications and through LCA of the whole building in BREEAM and LEED. For a better explanation of how LCA is required, an example of a building that has earned the LCA related credits in each certification has been presented. At the end, a comparison was made between the four Certifications and a discussion about the current situation of Brazil in the attendance of these requirements.

Keywords: Life Cycle Assessment, Environmental Certifications for Building, BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa and AQUA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 – Edifício 80-100 Victoria Street.....	38
Figura 3 – Espaço LarVerdeLar	43
Figura 4 – Fluxo de Potencial de Aquecimento Global por setor.....	44
Figura 5 – Residência Henrique e Luciana Cury (HLC)	47
Figura 6 - Expansão do Parque Madureira	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os Métodos de Caracterização	18
Tabela 2 – Categorias da Certificação BREEAM e a relação com a ACV	23
Tabela 3 – Categorias da Certificação LEED e a relação com a ACV	25
Tabela 4 – Categorias da Certificação GBC Casa e a relação com a ACV	27
Tabela 5 – Categorias da Certificação AQUA e a relação com a ACV	30
Tabela 6 – Porcentagem alcançada na calculadora BREEAM Mat 01 e créditos concedidos	37
Tabela 7 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida do 80-100 Victoria Street.....	39
Tabela 8 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida do Espaço LarVerdeLar	44
Tabela 9 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida da Residência HLC	48
Tabela 10 – Categorias ambientais de ACV dentro das Certificações Ambientais.....	52
Tabela 11 – Fases do Ciclo de Vida em cada Certificações Ambientais.....	53
Tabela 12 – Pontuação concedida a ACV em cada Certificações Ambientais.	53
Tabela 13 – Características dos edifícios Baseline usado como base para a ACV em cada Selo	53

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise de Ciclo de Vida;

AICV – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

BRE – Building Research Establishment

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

DAP – Declaração Ambiental de Produto

DGNB – German Sustainable Building Council

EPD – Environmental Product Declarations

EPI – Environmental Product Information

GBCB – Green Building Council Brasil

GEE – Gases de Efeito Estufa

HQE – High Environmental Quality

ICV – Inventário do Ciclo de Vida

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO – International Organization for Standardization

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RTQ - Regulamento Técnico da Qualidade

USGBC – United States Green Building Council

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivo Específico</i>	12
1.3	CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	14
2.2	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	15
2.2.1	<i>Conceito de Avaliação do Ciclo de Vida</i>	16
2.2.2	<i>Indicadores</i>	17
2.2.3	<i>Ferramentas</i>	18
2.3	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.4	SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	21
2.4.1	<i>BREEAM</i>	22
2.4.2	<i>LEED</i>	24
2.4.3	<i>GBC Brasil Casa</i>	26
2.4.4	<i>AQUA</i>	28
2.5	DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO (EPD)	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	33
3.2	PRODUTOS DO PROJETO	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	34
4.1.1	<i>BREEAM</i>	35
4.1.2	<i>LEED</i>	39
4.1.3	<i>GBC Brasil Casa</i>	45
4.1.4	<i>AQUA</i>	49
4.2	COMPARAÇÃO ENTRE AS CERTIFICAÇÕES BREEAM, LEED, GCB BRASIL CASA E AQUA	52
4.3	DISCUSSÃO	54
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO 1	64
	ANEXO 2	70

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas a população mundial vem crescendo de forma exponencial e juntamente com ela a construção civil, para atender as necessidades de moradia dos indivíduos. Desde que se tem conhecimento sobre os hábitos do homem, este, busca por alternativas para a construção de um lugar seguro e confortável para habitar. Contudo, nos últimos tempos, a busca por habitações vem afetando de maneira significativa o ambiente natural ao seu redor, devido a extração de fontes naturais e a emissão de poluentes na atmosfera proporcionados pelos materiais e processos envolvidos na construção das moradias. Desta maneira, ações que visem diminuir esses impactos são de extrema relevância.

A construção civil e as edificações são reconhecidas como as atividades de maior pegada ecológica a anos, e estas são as maiores responsáveis pela demanda de matéria prima e energia que produzem gases do efeito estufa e derivados (Keeler e Burke, 2000). As edificações consomem 40% de toda a energia gerada no planeta, são responsáveis por 35% do total de emissões de gases estufas, extraem 30% dos materiais do meio natural, consomem 25% da água e geram 25% dos resíduos sólidos, além de terem um grande impacto na saúde humana (Roméro e Reis, 2012). O Brasil tem um grande papel nesse quadro, devido a sua grande extensão em terra e habitantes, além de sua cultura de construção tradicional, a qual é a mais prejudicial para o planeta Leite (2013). Baseado nesses fatos, e nas consequências que essas demandas têm nas mudanças climáticas e no aquecimento global, entendeu-se a necessidade de elaborar ações e técnicas para controlar os danos causados ao meio ambiente por parte das construções (Miller et al. 2015).

São inúmeras as alternativas construtivas existentes nos dias de hoje, cada qual com seu nível de impacto. Buscando os menores danos ao ambiente e o maior conforto para o usuário, entidades mundiais criaram sistemas de Certificação Ambientais para Edificações, visando diferenciar e bonificar as construções que se preocupam com o ambiente ao seu redor (He et al., 2018). Como exemplo dessas certificações é possível citar os sistemas LEED, AQUA, BREEM, Selo Casa Azul, GCB Brasil Casa, GBC Brasil Condomínio, CASBEE, DGNB, GBTool, Green Globes e Procel Edifica, todas objetivam incentivar a concepção de empreendimentos sustentáveis. Com o aparecimento de tais certificações, a comunidade envolvida na construção civil vem se conscientizando sobre

a possibilidade de novos modelos construtivos, os quais tenham conectividade com o meio natural e reduzam o impacto causado. Muitas das certificações citadas já vem sendo implantadas no Brasil, diversificando o modelo de construção tradicional e usual no país (Keeler e Burke, 2010). Hoje o Brasil ocupa o 4º lugar entre os que mais produzem construções sustentáveis no mundo, atrás apenas de EUA, China e Emirados (GBC Brasil, 2017).

Com a busca por alternativas mais sustentáveis veio a necessidade da criação de metodologias que quantificassem os danos provocados por produtos e serviços. Para avaliar o impacto ambiental causado pelas técnicas construtivas e materiais, utiliza-se o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), o qual consiste em analisar o impacto causado desde a extração da matéria prima até a o destino final do produto (Keeler e Burke, 2010). A técnica da ACV apresenta uma abordagem ampla para analisar os danos gerados por elementos individuais, ou pelo ciclo de vida da edificação como um todo (USGBC, 2013). A ACV utiliza parâmetros preestabelecidos para quantificar o impacto com base no consumo energético, extração e matéria prima, produção e transporte de materiais da construção, e até mesmo a destinação final do material, como a reciclagem e gestão de resíduos na fase de desativação (Cardoso, 2015). Esses fatos significam que na ACV, o critério de avaliação de ciclo vida de edifícios envolve tanto o tempo como o domínio do espaço (Zheng et al. 2009). Dessa maneira, a ACV dá suporte para a escolha de materiais e técnicas construtivas que visam o menor prejuízo para o meio natural e a saúde humana.

Dentro de cada um dos Selos de Certificação Sustentável há um foco em especial para a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida, desde nos materiais até na edificação como um todo. Isso se dá, devido ao fato de que, para novos projetos de construção, a ACV permite que os profissionais envolvidos na concepção do edifício compreendam o uso de fontes naturais, energia acumulada e outras consequências ambientais resultantes de todas as fases da vida da edificação. Um bom estudo de Avaliação do Ciclo de Vida colabora para determinar quais são os materiais mais adequados que atender às necessidades do projeto ao longo da toda a vida de uma construção (USGBC, 2013). Utilizado também como uma ferramenta de design sustentável, a ACV pode reduzir a quantidade de materiais utilizados, reduzindo assim os danos ambientais e os custos de uma edificação desde sua obra até sua operação.

Pensando em entender melhor como a comunidade da construção civil brasileira está se preocupando com os impactos ambientais causados pelas alternativas

construtivas atuais e como está transmitindo essas informações para a população, o presente trabalho tem a finalidade de analisar a relação entre a técnica de ACV e os sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais no Brasil.

1.1 JUSTIFICATIVA

Como parte natural do desenvolvimento do homem, esta precisa de um lugar seguro e confortável para habitar. A construção e utilização dessas habitações envolvem múltiplas movimentações de materiais, as quais tem grande impacto ambiental, como consumo de recursos naturais, extração e transporte dos produtos e futuramente o, processamento e descarte destes (Yudelson, 2013). Há uma significativa demanda por parte de humanidade em conhecer as informações e dados qualitativos e quantitativos sobre esses impactos ambientais causados pelos serviços, produtos e processos utilizados (Bueno et al., 2013). Estas informações e dados devem ser repassados a população de maneira clara e transparente para que cada um, principalmente fabricantes e projetistas, possa então fazer a escolha mais conscientes de suas ações. Com base nisto, este trabalho contribui para esclarecer e demonstrar a relação entre a Avaliação do Ciclo de Vida e os sistemas de certificação voltados à construção civil brasileira, para que os profissionais da construção civil possam utilizar dessas ferramentas com mais conhecimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é entender como é abordada a Avaliação do Ciclo de Vida dentro das ferramentas de Certificação Ambiental de Edifícios na cultura da construção civil brasileira.

1.2.2 Objetivo Específico

Visando um melhor direcionamento e delimitação do objetivo geral deste trabalho, estabeleceu-se objetivos específicos:

1. Explorar as principais diferenças entre quatro Sistemas de Certificação: BREEAM, LEED, AQUA e GBC Brasil Casa;
2. Entender como é feita a fiscalização da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida dentro desses quatro Sistemas de Certificação Ambiental de Edifícios;
3. Comparar a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida entre as quatro Certificações;
4. Análise sobre os pontos fortes e fracos da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida em cada uma das quatro Certificação.

1.3 CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO

Esse trabalho será apresentado em 5 capítulos, o conteúdo de cada, além da introdução, contém o seguinte:

- a) Capítulo 2 – fundamentos teóricos em que são descritos os aspectos e conhecimentos sobre o assunto, obtidos em artigos, teses e livros;
- b) Capítulo 3 – materiais e métodos, em que a metodologia escolhida para alcançar os resultados pretendidos são apresentadas;
- c) Capítulo 4 – coleta e apresentação de dados realizadas neste trabalho e comparação entre os sistemas de certificação escolhidos para análise.
- d) Capítulo 5 – consideração e conclusão final sobre os resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

As Construções Sustentáveis, também conhecidas como Construções Verdes tiveram seu início na década de 1970, após a Crise do Petróleo, quando a necessidade de encontrar alternativas que reduzissem o consumo energético produzido por essa fonte atingiu a todos os setores, inclusive a da construção civil (Yudelson, 2013). Desde então alguns especialistas vêm tentando colocar em palavras o conceito de Construções Sustentáveis.

Um dos primeiros a definir esse conceito foi a IUCN (Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) (1980), a qual afirmou que a construção sustentável é aquela que ao integrar as características da vida e do clima locais e criar conforto ambiental reduzindo o consumo energético e hídrico, busca o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e reduz a poluição para próximas gerações.

Anos depois, Cole (1999) enfatizou que construções sustentáveis, ou edifícios verdes, podem ser descritos como sendo edifícios projetados com estratégias de construção que são mais ecológicas e menos prejudiciais ao meio ambiente do que as práticas típicas. Já Kua e Lee (2002) definem Edifícios Verdes como sendo as edificações que atendem a determinados critérios de desempenho ambiental. Além desses autores, Hoffman e Henn (2008) afirmam que Construções Sustentáveis é um termo que engloba técnicas estratégias e produtos de construção civil que utilizam menos recursos e poluem menos do que a construção regular. Também é possível citar como fonte de estudo em construções sustentável o autor Howe, que em um estudo escrito em 2010 declara que construção verde é aquela que usa eficientemente a terra e a energia, que busca conservação de água e outros recursos, além de melhorar a qualidade interna e externa do ar e aumentar o uso de materiais reciclados e renováveis. Por último, Kibert (2016) afirmou que o conceito de edifícios verdes envolve proporcionar às pessoas espaços saudáveis, aplicáveis e eficientes, com arquitetura envolvente com a natureza, e com a máxima economia de recursos, além de proteção ao meio ambiente e redução da poluição ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Resumidamente, Construções Sustentáveis (ou denominadas algumas vezes por Construções Verdes) são edificações que objetivam utilizar recursos de maneira

eficiente, buscando o conforto interno e externo e que tenham maior tempo de vida. Além disso, Construções Verdes procuram se adaptar às necessidades dos usuários e produzir menos resíduos por meio da desmontagem ao final do ciclo de vida, pela reutilização ou reciclagem.

Embora as Construções Sustentáveis busquem amenizar o impacto ambiental causado, esse objetivo nem sempre é alcançado. Segundo Keeler e Burke (2010), a falta de conhecimento por parte da equipe responsável, como por exemplo a origem dos materiais ou os gases do efeito estufa emitidos durante a operação, fazem com que haja escolhas e atos danosos ao meio ambiente. Para se certificar de que as edificações reduzam os impactos esperados, criou-se sistemas de Certificação Ambientais para Edifícios, os quais, por meio de uma lista de critérios e uma Avaliação do Ciclo de Vida dos materiais integrantes e a edificação como um todo, buscam garantir a sustentabilidade da construção. A seguir o conceito de Avaliação do Ciclo de Vida e os sistemas de Certificação de Edifícios são descritos.

2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

Entender e quantificar os impactos ambientais causados durante os processos da construção são etapas de grande relevância na idealização de uma Edificação Sustentável. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem sendo aplicada na construção civil para gerar informações que auxiliem no aumento do conhecimento referente aos danos ambientais causados, fazendo com que os profissionais responsáveis tomem decisões mais conscientes desde as fases de projeto até o uso do edifício.

Muitas das ferramentas utilizadas para quantificar a sustentabilidade na construção civil dependem de avaliações feitas após a ocupação da edificação, incluindo as que exigem de um período para coleta de dados e as que testam a efetividade das instalações, ou também as que dependem de observar as reações dos usuários em frente as estratégias ambientais. A Avaliação do Ciclo de Vida, por outro lado, não depende da conclusão de uma construção para ser posta em prática, essa técnica é utilizada para analisar desde cedo os processos relacionados e tentar fazer previsões quantificáveis da economia, do desempenho das estratégias sustentáveis e da operação das novas edificações (Couto, 2014). A seguir será apresentada resumidamente a ACV.

2.2.1 Conceito de Avaliação do Ciclo de Vida

A ACV é definida como “compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do ciclo de vida” (ISO 14040, 2009). As ferramentas da ACV já são utilizadas há alguns anos na busca de entender o impacto causado pelos produtos, porém só foram normalizadas no fim do século XX, pela International Organization for Standardization (ISO 14040, 2009), e a partir disso o seu uso se tornou global e atingiu o setor da construção civil (Bueno et al., 2013). Para se realizar um estudo de ACV é recomendado seguir as diretrizes de duas normas: ISO 14040 e ISO 14044, as quais possuem todos os conceitos e passos necessários para quantificar o impacto ambiental gerados por um produto ou serviço. Nos últimos anos, a avaliação do desempenho ambiental dos produtos e serviços, em todo o ciclo de vida tornou-se um aspecto essencial para a elaboração das novas políticas ambientais em todos os setores, inclusive o da construção civil (GBC Brasil, 2017).

De acordo com, Finnveden et al. (2009), o objetivo de uma ACV é mensurar os recursos utilizados e os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, desde a obtenção de matérias-primas, por meio de fases de produção e de uso até a gestão de resíduos. Já, conforme a ABNT (2009), a razão mais comum para se realizar um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida é a geração de informações necessárias para determinar processos que envolvem a concepção de um produto ou serviço. Ugaya (2013) complementou ao afirmar que a ACV tem como principal objetivo produzir informações que contribuam para a tomada de decisões mais conscientes em todos os setores do mercado. Apesar das pequenas diferenças, as definições acima têm como núcleo entender e quantificar os impactos causados, para poder assim criar produtos mais sustentáveis.

Um estudo de ACV vem sendo usado na otimização dos processos produtivos das empresas, incluindo as da construção civil, desde a extração das matérias-primas até ao produto final (Crespo, Bueno e Ometto, 2016). Com os resultados obtidos em uma ACV é possível descobrir em qual processo o produto está sendo menos eficiente e causando maiores danos ao ambiente, como maior gasto de energia ou água, e a partir disso, substituí-lo tornando o produto final mais sustentável (Cardoso, 2015). É possível citar como exemplo o estudo feito Barrantes e outros autores (2016). Os autores descobriram, por meio de uma ACV, que um dos processos mais poluentes na retirada

do eucalipto, uma madeira muito usada na construção civil, é o da etapa de corte das árvores, devido ao óleo de soja utilizado nas motosserras. Com esse tipo de informação é possível fazer substituições nos processos, tornando-os menos danosos ao ambiente.

Para esse presente trabalho, admitiu-se que a Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica de avaliação ambiental para processos, atividades e produtos. A ACV quantifica os fluxos de matérias, água e energia ao longo de toda a vida dos produtos e serviços. Pode-se utilizar um estudo de ACV para analisar uma parte única de um processo ou mesmo o processo como um todo, desde a extração da matéria-prima, passando pelo transporte, utilização e até o descarte final.

2.2.2 Indicadores

Quando um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida é escolhido como um suporte na tomada de decisões, é necessário entender os resultados que este estudo proporciona. Os resultados são obtidos por meio de indicadores que quantificam o impacto ambiental causado por um produto ou serviço, como explicado na ISO 14040 (Crespo, Bueno e Ometto, 2016). Esses indicadores são criados por meio de modelos de caracterização ou avaliação dos impactos ambientais globais do produto ou serviço (ISO 14040, 2009). Estes modelos de caracterização são conhecidos como métodos para Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Como exemplo de métodos de caracterização pode-se citar CML 2002, EDIP97, Eco-indicator 99, IMPACT 2002+, ReCiPe, EPS 2000, AusLCI, LIME, TRACI, USEtox, Impact World+ e MEEuP. Para esse presente trabalho são abordados apenas os métodos CML 2002, AusLCI e IMPACT 2002+, pois são utilizados nas Certificações Ambientais de Edifício e foram necessários na obtenção dos resultados desse estudo.

A norma ISO 14040 explica que cada método de caracterização tem como resultado final as Categorias de Impacto (Ismaeel, 2018). As Categorias de Impacto representam questões ambientais preocupantes para as quais os resultados da ACV podem ser atribuídos. Essas categorias são selecionadas em cada estudo de ACV e devem descrever os impactos causados pelos produtos ou pelo sistema de produtos que está sendo analisado (Keeler e Burke, 2010). A Tabela 1 a seguir, traz uma comparação entre os quatro últimos Métodos de Caracterização citados acima e as Categorias de Impactos resultantes de cada Método.

Tabela 1 – Comparação entre os Métodos de Caracterização

Métodos AICV		CML 2002	AusLCI	IMPACT 2002+
País de Origem		Holanda	Austrália e Nova Zelândia	Canadá e, Suíça
Desenvolvedor		Centre of Environmental Studies (CML)	Australian LCA Society	École polytechnique fédérale de Lausanne
Categorias de Impacto	Potencial de aquecimento global	X	X	X
	Acidificação	X		X
	Eutrofização	X	X	X
	Depleção da camada de ozônio	X	X	X
	Consumo dos Recursos	X	X	X
	Criação de Ozônio Fotoquímico	X		X
	Oxidação fotoquímica	X	X	
	Salinização do solo		X	
	Toxicidade Humana	X	X	X
	Ecotoxicidade	X		X
	Consumo de Fontes de Energia Não Renováveis	X	X	X
Nível da Categoria de Impacto		Midpoint	Midpoint e Endpoint	Midpoint e Endpoint

Fonte: Autoria própria

A escolha de cada um desses métodos é feita com base nos objetivos traçados do estudo e a análise ambiental relevante para o ciclo de vida do produto ou serviço analisado (Perfeito, 2017). Isto é decorrente, de acordo com Ismaeel (2018), pela não existência de um caminho único ou informações claras para escolha de métodos AICV a ser adotado.

2.2.3 Ferramentas

As fases de ACV são complexas e nutridas de informações sobre os limites do sistema, sobre as metas e métricas da análise, sobre o nível de detalhamento a ser utilizado e as características dos dados coletados. Para ter controle de todas essas informações e etapas, existem no mercado ferramentas de análise de avaliação do Ciclo de Vida. Essas ferramentas permitem a criação de bancos de dados contendo as informações necessárias para cada estudo de ACV, as categorias de impacto a serem analisadas e os métodos de caracterização a serem usados como base (Cardoso, 2015).

Atualmente, as ferramentas mais utilizadas no mercado são: SimaPro, eToolLCD, BEES, Envest, Gabi, LCA it e TEAM. Enquanto os softwares como Envest, LCA it, Gabi e Simapro, por exemplo, são mais renomados internacionalmente do que o eToolLCD (BRE, 2016), este último está sendo muito utilizado para obtenção de créditos nas Certificações Ambientais de Edifício, e por esse motivo será mais aprofundado esse trabalho. Além disso, o eToolLCD foi utilizado para a obtenção dos resultados desse estudo.

O software eToolLCD foi desenvolvido pelo International Team Effort (Australia, UK, Brazil, Germany), no ano de 2009, levando em conta as práticas atuais de construção de edifícios (Eon et al., 2017). O eToolLCD é um software online e de uso aberto, o qual faz a Avaliação de Ciclo de Vida de todos os processos da construção. A ferramenta produz relatórios abrangentes e completos com dados de construção sustentável comparáveis e saídas compatíveis com as normas internacionais ISO 14040, ISO 14044 e EN 15978 (Bruce et al., 2015). Além disso, esta utiliza a AusLCI como base de dados do Inventário da Ciclo de Vida (ICV) (e-Tool, 2018). Conforme Bruce e os demais idealizadores do software (2015), a ferramenta usa os métodos de caracterização escolhidos de acordo com a certificação ambiental a ser analisada, produzindo assim relatórios que incluem dados de saída como o de impacto múltiplo, incluindo CO₂, custo, energia, água, uso do solo, depleção do ozônio e toxicidade humana.

O eToolLCD é capaz de integrar projetos em 3D já desenvolvidos e incorporar modelos de elementos de construção comuns (por exemplo parede de tijolo, painel de concreto, entre outros) para serem analisados. Com base nisso, o software se torna uma ferramenta simples, em que o usuário somente necessita inserir alguns dados bases e então resultar relatórios das porcentagens reduzida de impactos ambientais na edificação (Zuo et al., 2017).

2.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ao longo de suas vidas, edifícios têm efeitos ambientais locais, regionais e globais. Alguns ocorrem durante a extração, fabricação e transporte de materiais; outros envolvem a construção e operações; outros ainda ocorrem durante o processo de demolição e disposição. Uma ACV examina quais são os efeitos destes efeitos

ambientais. Esta metodologia é usada para identificar várias estratégias para reduzir os danos causados ao meio ambiente ao longo de todo ciclo de vida de um edifício.

Para projetos de edificações, uma Avaliação do Ciclo de Vida, idealiza do berço ao túmulo, permite que profissionais do setor da construção civil compreendam o uso da energia acumulada e outras consequências ambientais resultantes de todas as fases da vida do edifício (Lee et al., 2017). Uma extensa análise quantitativa ajuda a determinar quais e quantos materiais são melhores para atender às necessidades do projeto ao longo da vida da edificação (Geng et al., 2017). Por exemplo, uma estrutura de madeira pode reduzir energia incorporada de uma de edificação e ao mesmo tempo trazer conforto interno (Dixit, 2017). Ao observar como materiais interagem entre si dentro da estrutura ao invés de meramente individualmente, é possível obter uma perspectiva mais ampla e então reduzir danos ambientais a longo prazo.

No Brasil há autores que dedicam seus estudos na Avaliação do Ciclo de Vida das edificações, com o intuito de entender quais são os materiais ou processos mais prejudiciais ao meio ambiente. Dentre esses, os estudos de Tavares (2006) e Bento et al. (2013) são de notória relevância, pois estudaram o impacto do Ciclo de Vida de produtos e serviços do cotidiano da construção de edificações no país. O primeiro autor realizou a ACV de uma edificação como um todo, inserida na realidade brasileira e seus resultados apontaram que tintas, cerâmica vermelha, cimento e aço são os materiais de construção que têm maior consumo energético no ciclo de vida da edificação, e, respectivamente, os de maior geração de CO₂, confirmando assim uma grande relação entre energia e sustentabilidade.

O trabalho de Bento e outros autores é relacionado com concretos utilizados nas construções brasileiras. Os pesquisadores fizeram uma análise comparativa entre o ciclo de vida de concretos com diferentes valores de resistência (C25, C30 e C35), e seus resultados demonstraram que o concreto de maior resistência (C35) é o que tem menor impacto ao meio ambiente e além de menor custo, devido a menor necessidade de manutenção no seu ciclo de vida.

Quando se analisa o edifício como um todo, percebe-se uma grande influência de tais efeitos ao planeta, os quais entram no grupo de categorias de impacto. Estes incluem o potencial de aquecimento global, depleção da camada de ozônio, acidificação de fontes de terra e água, eutrofização, formação de ozono e esgotamento das fontes de energia não renovável (USGBC, 2013). Esses são apenas alguns dos mais comuns, mensuráveis impactos ambientais, relacionados com a construção civil, que a ACV

avalia, mas com base nesses fatores já é possível quantificar os danos causados e então tomar decisão mais embasadas.

Outra maneira de implementar a ACV nos processos da construção é por meio das Certificações ambientais de edificações. Atualmente, um grande número instituições globais desenvolveram Selos ambientais para a construção com o intuito de minimizar o impacto causado pelos novos empreendimentos e a Avaliação do Ciclo de Vida é uma etapa necessária para a obtenção dessas Certificações, como explicado a seguir.

2.4 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O caminho mais eficaz para uma empresa mostrar a sustentabilidade de seus produtos e serviços ao consumidor é por meio de certificados ambientais. Isso não é diferente na construção civil (He et al., 2018). O uso de certificações ambientais para o setor da construção civil, além de comprovar sustentabilidade da edificação, é uma das formas de encorajar a busca por edificações menos impactantes ao meio ambiente, e sua prática cresce ao longo dos anos, inclusive no Brasil. Os certificados incentivam o uso de práticas mais sustentáveis na construção, como a escolha de uma equipe mais especializada, busca por métodos construtivos mais eficientes, materiais menos impactantes e técnicas de reciclagem tanto dos materiais quanto da edificação como um todo. Porém, é relevante ressaltar que os Selos ambientais não garantem o melhor desempenho durante o uso do edifício, pois esse também depende de o usuário fazer bom uso da edificação (Doan, et al., 2017).

Tais certificados auxiliam os consumidores em suas tomadas de decisões, pois os ajudam a identificar e diferenciar o produto comprado. Com base nisso, a exigência por parte dos consumidores intensifica, fazendo com que o mercado tenha que se adaptar e atender a essas exigências. Além disso, conforme Yudelso (2013), esses Selos vêm sendo grandes diferenciais de mercado, e conseqüentemente adquiriram uma forte conotação comercial, ampliando ainda mais a importância das certificações na construção civil.

Dentre os vários sistemas de certificação utilizados nacional e internacionalmente, é possível citar LEED, AQUA, BREEM, GBC Brasil Casa e Condomínio, Selo Casa Azul, CASBEE, DGNB, GBTTool, Green Globes e Procel Edifica. Todas essas visam promover e incentivar práticas sustentáveis na construção civil. Para este estudo, as certificações BREEAM, LEED, AQUA e GBC Brasil Casa foram

analisados em detalhe. A justificativa para selecionar esses quatro sistemas de classificação baseia-se no fato de que estas são aplicadas no território brasileiro que dão maior importância à Avaliação do Ciclo de Vida em seus sistemas de pontuação. A seguir serão descritas as principais características destes quatro sistemas de certificação.

2.4.1 BREEAM

O BREEAM (Building Establishment Environmental Assessment Method), sistema de certificação Europeu, foi criado em 1990, na Inglaterra, como o primeiro sistema de avaliação de desempenho ambiental de edifícios sustentáveis no mundo, e tem seu processo de certificação licenciado pelo BRE Quality Assurance (Baldwin et al., 1998). O sistema BREEAM, foi desenvolvido para a realidade construtiva do Reino Unido, porém, no decorrer dos anos, percebeu-se a grande procura por parte de outros países e então foi criado um referencial internacional padronizado, o qual pode ser aplicado globalmente, inclusive no Brasil. Esse Referencial é aplicado tanto para novos empreendimentos como para existentes, abrangendo todos os tipos de edificação, como escolas, hospitais, edifícios comerciais e residências, instalações, industriais entre outros. Hoje tem mais de 500.000 certificados emitidos e está presente em 76 países (BRE, 2016). No Brasil, O BREEAM está presente desde 2011 e tem 3 empreendimentos certificados até o momento.

O BREEAM avalia o desempenho ambiental da edificação por meio de 10 categorias, as quais são divididas por critérios de sustentabilidade, como água, energia e resíduos. Para cada uma das categorias são definidas subcategorias, as quais são creditadas e então pontuadas de acordo com a importância e desempenho ambiental (Cardoso, 2015). As subcategorias encontram-se no ANEXO 1.

Inserido nas categorias que constituem o BREEAM, há a preocupação em compreender e quantificar os danos ambientais causados pela edificação. Dentre as 10 categorias, há algumas que tem um maior foco nesta questão, as quais, por meio de uma Avaliação do Ciclo de Vida, exigem uma análise aprofundada dos danos causados. Na Tabela 2 abaixo encontram-se as 10 categorias citadas e a relação delas com a ACV.

Tabela 2 – Categorias da Certificação BREEAM e a relação com a ACV

Categorias	Categorias utilizadas para atender a ACV	Possui Créditos Específicos para ACV
Gestão	X	-
Saúde e Bem-Estar	-	-
Energia e Emissão de CO ₂	X	-
Transporte	X	-
Água	X	-
Materiais	X	X
Resíduos	X	-
Uso da Terra e Ecologia	-	-
Poluição	X	-
Inovação	-	-

Fonte: Autoria própria

No decorrer do trabalho será explicado de maneira aprofundada como é exigida a Avaliação do Ciclo de Vida para a certificação BRREAM.

Cada uma das 10 categorias possui pré-requisitos e requisitos a serem alcançados. Os requisitos possuem pesos de acordo com as suas relevâncias na preservação do meio ambiente, os quais são ponderados no final da obra. O cálculo da pontuação final obtida em cada categoria, levando em conta a importância relativa de cada um dos critérios e o número total de créditos conquistados, é multiplicado por um fator de peso ambiental, chegando em um valor único. Este cálculo é feito por profissionais consultores, os quais classificam o edifício nos seguintes níveis de acordo com a pontuação obtida:

- Pass (Aprovado) – 30% de créditos
- Good (Bom) – 45% de créditos
- Very Good (Muito Bom) – 55% de créditos
- Excellent (Excelente) – 70% de créditos
- Outstanding (Excepcional) – 85% de créditos

A comprovação do atendimento dos critérios exigidos é feita por meio de documentação e relatórios enviados aos auditores do Sistema BREEAM, ao fim do projeto e início da obra, e só com o aval deles é que a edificação recebe o Selo (BRE, 2016).

2.4.2 LEED

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema de certificação desenvolvido pela organização norte-americana USGBC (United States Green Building Council) em 1998, tendo estrutura e conceitos muito semelhantes ao BREEAM. Foi criado com o intuito de avaliar a sustentabilidade da edificação, estabelecendo metas desde a fase projeto até a operação.

A certificação se consolidou nos Estados Unidos como o sistema de avaliação mais influente e há algum tempo vem expandindo a influência para outras culturas (Cardoso, 2015). Assim como o BREEAM, criou-se um referencial padrão, utilizado por todos os países que buscam essa certificação. No Brasil, sua atuação começou em 2007, com a criação do GBCB (Green Building Council Brasil), órgão vinculado ao USGBC que busca auxiliar o desenvolvimento da indústria da construção sustentável no país, e atualmente existem 480 edificações certificadas e mais de 800 buscando a certificação (GBC Brasil, 2017).

O sistema abrange todos os segmentos de edificações, como edifícios comerciais, hospitais, escolas, instituições, varejo, desenvolvimento de bairros, projetos de interiores, entre outras. Esses segmentos são divididos em cinco grupos distintos da certificação, os quais são LEED BD+C (Building Design and Construction – novas construções), LEED ID+C (Interior Design and Construction – construções de espaços internos), LEED O+M (Building Operations and Maintenance – operação de edificações existentes), LEED ND (Neighborhood Development – Desenvolvimento de bairros sustentáveis) e LEED Homes (Casas – não aplicado no Brasil) (GBC Brasil, 2017).

Assim como o BREEAM, essa certificação também é obtida através de pré-requisitos e créditos pontuados. Há uma lista de verificação inserida em categorias e subcategorias, a qual deve ser seguida para que os pré-requisitos sejam atendidos e os créditos alcançados. O empreendimento é certificado quando atende a todos os pré-requisitos e conquista no mínimo 40 créditos ou pontos extras inseridos nas subcategorias. Os créditos são conquistados por meio das alternativas construtivas escolhidas e a localização do empreendimento. A pontuação máxima é 120 pontos e são 4 níveis de classificação, atingidos por meio da pontuação obtida (Cardoso, 2015). Assim como o Selo BREEAM, no LEED para comprovar os créditos atendidos, é necessário o envio de documentação e relatórios aos auditores do USGBC, ao fim do

projeto e começo da execução da obra. A escala de classificação com base na pontuação é:

- Certificado – 40-49 pontos
- Silver – 50-59 pontos
- Gold – 60-69 pontos
- Platinum – +80 pontos

Para todos os grupos de edificação existentes no LEED, de maneira geral, pontos são separados em 9 categorias distintas, as quais devem ser analisadas e atendidas para que a Certificação seja conquistada.

Novamente, similar ao Selo BREEAM, o LEED também busca entender e quantificar o impacto ambiental causado pelos processos da edificação a ser certificada, para poder assim reduzi-los. A Avaliação do Ciclo de Vida dos materiais e da edificação com um todo é uma técnica usada para compreender esses impactos. A ACV envolve um grande número de etapas da certificação, porém há créditos inseridos em algumas categorias que tratam especificamente deste estudo, os quais serão detalhados nos próximos capítulos desse trabalho. As categorias presentes na Certificação LEED e a relação da ACV com essas categorias encontra-se a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 – Categorias da Certificação LEED e a relação com a ACV

Categorias	Categorias utilizadas para atender a ACV	Possui Créditos Específicos para ACV
Processo Integrado	-	-
Espaço Sustentável	X	-
Localização e Transporte	X	-
Eficiência no Uso da Água	X	-
Energia e atmosfera	X	-
Materiais e Recursos	X	X
Qualidade do Ambiente Interno	X	-
Inovação	-	-
Créditos regionais	-	-

Fonte: Autoria própria

Quanto mais categorias forem satisfeitas, maior o nível da certificação e mais sustentável o empreendimento será.

A Tabela completa das categorias e subcategorias encontra-se no ANEXO 1.

2.4.3 GBC Brasil Casa

A Certificação Green Building Council (GBC) Brasil Casa, assim como a certificação LEED também é produto do Green Building Council, porém esse outro Selo foi concebido no Brasil, buscando atender a cultura de construção de residências aplicada no país. O Selo foi criado em 2014 com o objetivo de tornar mais acessível a certificação de classes de empreendimentos que não eram atendidos pela certificação LEED (GBC Brasil, 2017). Até o momento, a GBC Casa só foi buscada por edificações no território nacional, porém há intenção, por parte do Green Building Council Brasil, de nas próximas versões do referencial indicar a possibilidade de técnicas construtivas aplicadas internacionalmente, para que outros países também procurem por essa Certificação (GBC Brasil, 2016).

De acordo com o GBC Brasil, os principais objetivos desta certificação são:

- a) Mitigação da mudança climática global;
- b) Melhoraria da saúde humana e bem-estar do ocupante;
- c) Proteção e restauração de recursos hídricos;
- d) Proteção e restauração da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos;
- e) Construção de economia verde;
- f) Aumento da comunicação e educação.

Novamente, assim como a certificação LEED, a certificação GBC Casa também é dividida em categoriais e subcategorias (ANEXO 1), nesse caso são 8 categorias, nas quais os objetivos citados devem ser atendidos. A ACV é uma técnica que pode ser usada para alcançar essas metas. Ao contrário das últimas duas Certificações, a GCB Casa não cobra especificamente um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida para a edificação como um todo, porém o uso das ferramentas da ACV, mesmo opcional, pode arrecadar pontos na categoria de materiais e de inovação, por ser uma técnica que traz benefícios e diminui o impacto ambiental existente (Tabela 4). O modo como a ACV é aplicada para o Selo GBC Casa será explicado com detalhes na sequência desse capítulo.

Tabela 4 – Categorias da Certificação GBC Casa e a relação com a ACV

Categorias	Categorias utilizadas para atender a ACV	Possui Créditos Específicos para ACV
Implantação (IMP)	X	-
Uso Eficiente da Água (UEA)	X	-
Eficiência Energética (EA)	X	-
Materiais e Recursos (MR)	X	X
Qualidade Ambiental Interna (QAI)	X	-
Requisitos Sociais (RS)	-	-
Inovação e Projeto (IP)	X	X
Créditos Regionais (CR)	-	-

Fonte: Autoria própria

Cada uma dessas categorias tem um número específico de pontos, relativos a importância da categoria. Para que uma residência conquiste o Selo, é necessário que esta atenda os pré-requisitos obrigatórios de cada categoria e uma quantidade mínima de créditos extras. Quanto mais créditos forem atendidos, maior será a classificação. Os créditos são conquistados por meio do envio de documentação e relatórios para a equipe de auditores do GBC Brasil. A pontuação máxima da Certificação GBC Casa é 110, e a escala de classificação é:

- Verde – 40-49 pontos
- Prata – 50-59 pontos
- Ouro – 60-69 pontos
- Platinum – +80 pontos

O Selos GBC Casa usa normas como guia, as quais devem ser seguidas para conquistar a pontuação necessária. No caso desta certificação brasileira em questão, os guias a serem seguidos são o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ, 2010) e as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT- NBR 15575), os quais estabelecem desempenhos e impactos mínimos para que uma edificação satisfaça o consumidor e ao mesmo tempo diminua os danos causados ao meio ambiente (GBC Brasil, 2017).

Além do GBC Brasil Casa, o GBC Brasil possui outra certificação voltada a edificações residenciais, a Green Building Council (GBC) Brasil Condomínio, a qual também vem sendo aplicada com frequência nas edificações brasileiras. Por terem estruturas muito similares, para esse trabalho foi escolhido abordar apenas a certificação

GBC Brasil Casa, devido ao fato de existirem mais edificações em busca desse Selo no país.

2.4.4 AQUA

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um sistema de certificação brasileira, fundado em 2008 com base no sistema de certificação francês HQE (Haute Qualité Environnementale). Essa Certificação define a construção civil sustentável como sendo a qualidade ambiental da edificação e dos seus equipamentos, e os todos os processos que envolvem a operação, a construção ou a adaptação do edifício, além de conferirem aptidão para satisfazer as necessidades do consumidor e minimizar os impactos ambientais sobre o ambiente circundante, juntamente com a criação de ambientes interiores confortáveis e saudáveis. (Pinheiro, 2006).

O responsável pela implementação do sistema AQUA no Brasil foi a Fundação Vanzolini, instituição privada sem fins lucrativos. O processo engloba tanto novas construções, como edificações já existentes e tem como objetivo garantir a qualidade ambiental de um empreendimento com base em auditorias independentes. Segundo a Fundação Vanzolini, esse Selo pode ser delimitado como sendo “um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação”.

Para a obtenção do Selo AQUA, o empreendimento é avaliado em 14 categorias de desempenho ambiental, as quais definem o nível de sustentabilidade da edificação. Cada categoria, quando atingida, é classificada em:

- Bom (atende às Práticas correntes e legislação - NBR's) – B;
- Superior (Boas Práticas) – BP;
- Excelente (Melhores Práticas) – MP.

O processo de certificação é empregado em todas as fases do empreendimento (Programa, Concepção, Construção e Operação) e ao contrário das demais certificações, o Selo AQUA não é alcançado por pontos. O empreendimento conquista o Selo quando cada categoria atinge no mínimo a classificação Bom (B). Além disso, é necessário a comprovação o atendimento das subcategorias de cada categoria por meio

de auditorias presenciais feitas por profissionais especializados, sendo as mais rigorosas entre as quatro Certificações.

Há cinco níveis da Certificação a serem alcançados de acordo com a classificação em cada categoria. Quanto maior o número de BP e MP atingidos, maior será o nível do empreendimento. Abaixo encontram-se cada um deles.

- HQE Pass
- HQE Good
- HQE Very Good
- HQE Excellent
- HQE Exceptional

Mais uma vez, ao contrário das demais certificações, o AQUA não possui créditos particulares para a realização de uma Avaliação do Ciclo de Vida da edificação. Porém, a Fundação Vanzolini, ao criar esse Selo, entendeu que a ACV é parte integrante da sustentabilidade, pois quantifica os danos causados pelo produto ou serviço (EPD Brasil, 2017). Dessa maneira, para atender os critérios de cada categoria, a equipe responsável pelo empreendimento deve enviar um estudo da redução dos impactos ambientais resultantes de cada tomada de decisão, principalmente em relação aos materiais que serão aplicados na edificação. Esses documentos devem ser entregues juntamente com o restante da documentação exigida e será avaliado pelos profissionais especializados.

A Tabela 5, representa cada uma das Categorias presentes na Certificação AQUA, juntamente com a presença da Avaliação do Ciclo de Vida.

Tabela 5 – Categorias da Certificação AQUA e a relação com a ACV

CLASSE	CATEGORIAS	Categorias utilizadas para atender a ACV	Possui Créditos Específicos para ACV
Sítio e construção	Edifício e seu entorno	X	-
	Produtos, sistemas e processos construtivos	X	X
	Canteiro de obras	X	-
Gestão	Energia	X	-
	Água	X	-
	Resíduos	X	-
	Conservação - manutenção	X	-
Conforto	Conforto higrotérmico	X	-
	Conforto acústico.	X	-
	Conforto visual.	X	-
	Conforto olfativo.	X	-
Saúde	Qualidade dos espaços	X	-
	Qualidade do ar	X	-
	Qualidade da água	X	-

Fonte: Autoria própria

Cada subcategoria (ANEXO 1) é classificada em Bom, Superior e Excelente e o Selo AQUA só é conquistado quando se atinge, no mínimo, 4 classificações “Superior” e 3 classificações “Excelente”.

2.5 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO (EPD)

Um elemento importante relacionado à Avaliação do Ciclo de Vida dentro das Certificações Ambientais é a Declaração Ambiental de Produtos (EPD). A EPD é uma forma de garantir a sustentabilidade dos materiais aplicados nas construções e, por esse motivo, se tornou um pré-requisito para a obtenção dos pontos relacionados a ACV nos Selos para edifício, principalmente nas categorias de Materiais.

Hoje há um interesse crescente em todo o mundo em estabelecer diretrizes que facilitem conduzir a medição e comunicação do comportamento ambiental dos produtos e serviços (USGBC, 2013). Esse interesse impulsionou a implementação de políticas integradas, que incentivam produtos com baixa pegada ecológica, tornando suas informações ambientais públicas (Cardoso, 2015). Uma série de mecanismos, portanto, foi desenvolvida para disseminar os aspectos ambientais dos produtos, a maioria proveniente do grupo de normas ISO 14000 (Perfeito, 2017). Dentro desse grupo de

mecanismos, destacam-se três: Rotulagens Ambientais Tipo I, Tipo II e Tipo III, pois são usados pelas empresas como instrumentos de comunicação ambiental (BRE, 2016).

Lemos (2013) presidente do Instituto Brasil PNUMA, explica de maneira resumida o que é cada umas dessas rotulagens ambientais. De acordo com o Presidente (2013), a Rotulagem Tipo I é normalizada pela NBR ISO 14024:2010 e proporcionada por uma instituição de terceira parte. Ela determina os procedimentos e princípios para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, englobando os critérios ambientais, a seleção de categorias de produtos e as características funcionais de cada produto ou serviço.

Já a Rotulagem Tipo II, conforme Lemos, pode ser explicada como sendo as autodeclarações ambientais informativas, registradas pelo próprio fabricante do produto. Essa Rotulagem é regulamentada pela NBR ISO 14021:2013, a qual fornece diretrizes, por meio de uma metodologia de avaliação, para os fabricantes comunicarem os benefícios ambientais que seus produtos proporcionam.

Por último, Lemos descreve a Rotulagem Ambiental Tipo III. Para ele, esta é a mais importante, pois exige a Avaliação do Ciclo de Vida como requisito ao Selo ambiental. O presidente explica que esta rotulagem é normalizada pela NBR ISO 14025:2015, a qual exige a utilização de uma Avaliação do Ciclo de Vida para estudar a dimensão exata dos impactos ambientais que um produto ou serviço provoca, desde de o berço ao túmulo dos processos. As informações coletadas nessa análise são adicionadas ao Selo ambiental para que o consumidor final conheça o impacto causados pelo produto escolhido.

A Declaração Ambiental de Produtos - DAP (EPD - Environmental Product Declaration) está inserida na Rotulagem Tipo III. Uma EPD é um documento ambiental que comunica informações comparáveis e transparentes sobre o impacto ambiental com base na Avaliação do Ciclo de Vida de produtos ou serviços, definindo seu perfil ambiental (EPD Brasil, 2017). O principal órgão responsável por rotular os produtos é o The International EPD® System, o qual analisa a veracidade da sustentabilidade de um produto ou serviço. O órgão já tem mais de 820 produtos ou serviços rotulados em mais de 40 países, incluído o Brasil (EPD System, 2016).

Uma EPD pode ter diferentes aplicações, como contratos públicos sustentáveis, diferenciar produtos sustentáveis e até sistemas de certificação de edifícios sustentáveis. O conceito de declarações ambientais de Tipo III, incluindo as EPD's, foi desenvolvido principalmente para a comunicação entre empresas, mas com o tempo mostrou-se uma

ferramenta de extrema importância para a comunicação de sustentabilidade para o consumidor final (EPD Brasil, 2017).

Dentro das Declaração Ambiental de Produtos existem duas classificações as quais as DAP's podem se enquadrar, as quais são Declaração Ambiental Setorial e Declaração Ambiental Específica. A Declaração Ambiental Setorial pode ser definida como uma declaração elaborada com dados de um determinado setor, os quais são coletados com a contribuição de diversos fabricantes desse setor visando obter a média setorial dos valores ou dados necessários para um Inventário do ciclo de vida. Já, a Declaração Ambiental Específica é definida como declarações baseadas em uma ACV de um produto, mas não constituindo um EPD. As certificações Ambientais utilizam desses conceitos para compor os critérios dos créditos referentes à Rotulagem Ambiental Tipo III.

No Brasil, atualmente, existem dois sistemas de rotulagem Tipo III: o EPD System – Brasil, específico da construção civil e concedido exclusivamente pela Fundação Vanzolini, e o Programa de Rotulagem Tipo III – DAP do Inmetro (INMETRO, 2016). De acordo com a Fundação Vanzolini (EPD Brasil, 2017), ainda são poucos os produtos com Selo EPD no país. Apenas há duas empresas no Brasil que fabricam produtos com Declaração Ambiental de Produtos, as quais são as empresas Votorantim e Saint Gobain. Porém a conscientização sobre o uso de materiais sustentáveis vem crescendo, assim como a demanda por produtos com EPD.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse capítulo descreve a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados desse presente trabalho.

3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia utilizada é composta por uma revisão bibliográfica relacionada aos temas de sustentabilidade na construção civil, sistemas de certificação ambiental e Avaliação do Ciclo de Vida, além de uma análise dos sistemas da ACV dentro das Certificações Ambientais de edifícios presentes no cenário brasileiro.

Utilizou-se de pesquisa exploratória para analisar a aplicabilidade da ACV dentro das Certificações BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA. Buscou-se entender como é abordado a questão da redução de impacto ambiental em cada uma das quatro Certificações e como a ACV auxilia na redução desse impacto. Também procurou-se compreender como a ACV é bonificada em cada um dos Selos e se essa bonificação condiz com o atual cenário da construção civil no Brasil.

3.2 PRODUTOS DO PROJETO

Com base nas revisões bibliográficas, foi possível produzir um referencial de como a Avaliação do Ciclo de Vida é cobrada em cada uma das quatro Certificações estudadas. Com base nessas informações foi possível elaborar tabelas comparativas entre a aplicabilidade da ACV dentro dos quatro sistemas de Certificação escolhidos para este trabalho, além de um exemplo de edificação que atingiu os pré-requisitos relacionado à ACV em cada um dos Selos. Por último foi feita uma análise da relação entre à ACV e Certificações Ambientais no Brasil.

O produto desse trabalho pode ser usado por engenheiros, arquitetos ou profissionais da área como uma ferramenta auxiliar na conquista dos créditos relacionados a Avaliação do Ciclo de Vida dentro das Certificações, BREEAM, LEED, GCB Brasil Casa e AQUA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos nesse presente trabalho. Para isso, será dada uma breve introdução da relação entre a Avaliação do Ciclo de Vida e as Certificações Ambientais BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA, e então será descrito como é exigido estudos de ACV dentro de cada Certificação. Juntamente, será apresentado um exemplo, para cada Selo, de um empreendimento certificado, que conquistou os créditos referente à ACV. Por último, será apresentada uma tabela comparativa entre a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida em cada uma das quatro Certificações Ambientais.

4.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Como mencionado anteriormente, as Certificações BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA foram escolhidas para serem analisadas nesse trabalho, por serem as certificações aplicadas na cultura da construção brasileira, que tem a Avaliação do Ciclo de Vida mais presente em seu sistema de pontuação. Porém, a ACV é aplicada de maneira distinta em cada um dos quatro sistemas, diferenciando-se desde sua origem até sua relevância para o Selo.

A primeira certificação a implementar a ACV como exigência, foi o sistema BREEAM, na versão de 2009 (Lee et al., 2017). Atualmente, na versão de 2016, o Selo integra a ACV por meio de exigência de materiais com avaliação de desempenho e redução do impacto ambiental comparados com um edifício Baseline padrão na mesma região (BRE, 2016). Um grande número de edificações vem conquistando a pontuação máxima referente à estudos de ACV pelo mundo. No Brasil ainda é uma certificação pouco divulgada, porém a busca por esse sistema vem crescendo ao longo dos anos (Cardoso, 2015).

O LEED também vem exigindo estudos de Avaliação do Ciclo de Vida para as suas edificações a alguns anos. Foi introduzido pela primeira vez no sistema em 2009, como um item opcional de avaliação de certificação. Alguns anos depois, na versão v4 de 2014, a ACV recebeu um crédito próprio, o qual deve ser conquistado por meio de redução do impacto do ciclo de vida de materiais e recursos (Doan, et al., 2017). O LEED

é hoje a certificação mais adota no Brasil e um dos maiores disseminadores da Avaliação do Ciclo de Vida para edifícios no país (Canazaro et al., 2017).

Já, na Certificação AQUA, a Avaliação do Ciclo de Vida nasceu junto com a própria certificação e o seu conceito vem crescendo junto com as novas versões (Cardoso 2015). De acordo com a Fundação Vanzolini (2016), um dos pilares do AQUA é a redução do impacto ambiental causado pela construção civil. Por esse motivo, o Selo busca reduzir os danos causados pelo edifício em todos aspectos que a certificação cobre. Assim com o LEED, o AQUA vem sendo fortemente procurado no Brasil ao longo dos últimos anos e contribuindo para a redução dos danos causados pela construção civil (Cardoso, 2015).

O GBC Brasil Casa é a certificação mais recente das quatro estudadas, por esse motivo também é a última a implementar a Avaliação do Ciclo de Vida no seu sistema de pontuação. Nessa certificação, os créditos relacionados à ACV são conquistados quando o projeto busca alternativas inovadoras que comprovem a redução do impacto ambiental (GBC Brasil, 2017). Apesar de ser uma certificação recente, já há edifícios certificados no Brasil que conquistaram os pontos relacionados a ACV.

A seguir será mostrado mais profundamente como a Avaliação do Ciclo de Vida é exigida em cada um dos quatro Sistema de Certificação, e será apresentado um exemplo de edificação, para cada Selo, que conquistou as pontuações referentes a ACV.

4.1.1 BREEAM

O BREEAM avalia o desempenho ambiental da edificação por meio de 10 categorias ambientais, as quais possuem subcategorias e pontuações, como mostrado anteriormente. Dentro dessas categorias existem créditos específicos voltado a Avaliação do Ciclo de Vida, os quais proporcionam informações sobre o impacto ambiental causado pela edificação e auxiliam na tomada de decisões mais conscientes.

Dentro da certificação BREEAM, os créditos relacionados a ACV estão inseridos na categoria Materiais (subcategoria *Impactos do ciclo de vida*), que são separados 5 pontos para ACV completa e 1 para a escolha de materiais. A conquista desses pontos contribui na obtenção dos níveis Excelentes ou Excepcionais na classificação do Selo. Os créditos em questão serão descritos a seguir.

A subcategoria *Impactos do ciclo de vida* exige um estudo de ACV que contemple todos os aspectos da edificação. Com base nisso, os responsáveis técnicos pelo projeto,

além de realizarem uma ACV em uma ferramenta existente no mercado, também devem seguir os passos da Calculadora de Avaliação do Ciclo de Vida desenvolvida pelo próprio BREEAM (BREEAM International Mat 01 calculator – BRE, 2016) (ANEXO 2). Essa Calculadora auxilia a determinar se o projeto usou uma ferramenta de ACV apropriada e calcula o número de créditos obtidos para esse requisito do BREEAM.

A seguir estão os passos que a edificação deve percorrer para alcançar os pontos referentes a ACV.

- a) O projeto deve utilizar uma ferramenta de ACV para medir o impacto ambiental durante todo ciclo de vida da edificação. O empreendimento pontua quando comprovado a redução de impacto em comparação a uma edificação Baseline no mesmo local, como mesma função.
- b) O responsável deve completar a calculadora BREEAM International Mat 01, a qual determina uma pontuação com base nos resultados obtidos na ferramenta de ACV usada. Os créditos são concedidos conforme a Tabela 6;
- c) Os estágios do Ciclo de Vida que devem ser incluídos na ACV são: Estágio A (estágio do processo de produto e construção), B (ocupação) e C (destinação) conforme EN 15978.

O BREEAM International Mat 01 deve apresentar um resultado total do impacto ambiental do edifício para os períodos de estudo do ano 0 (apenas instalação) e do ano 60, da seguinte contendo os seguintes dados de entrada:

- Impacto do elemento de cada material (IMPACT 2002+);
- Quantidade de CO₂ emitido por estágio de vida ou módulo de cada elemento (IMPACT 2002+);
- Descrição do elemento;
- Quantidades instaladas;
- Quantidades de desperdício;
- Quantidades de substituição, reparação, renovação;
- Quantidades de reutilização, reciclagem ou eliminação (aterro, incineração)

Com base nesses dados de entrada os pontos são calculados.

Tabela 6 – Porcentagem alcançada na calculadora BREEAM Mat 01 e créditos concedidos

Porcentagem de pontos alcançados na calculadora BREEAM Mat 01 (%)	Créditos	
	Indústrias	Outras edificações
25,0%	1	1
62,5%	1	2
75,0%	1	3
80,0%	2	4
85,0%	2	5

Fonte: BRE (2016)

Além dos requisitos citados acima, o projeto também deve conter produtos com Declaração Ambiental de Produto (EPD). O atendimento desse requisito proporciona até 2 pontos no sistema de classificação,

- d) O projeto deve conter pelo menos 5 produtos especificados no Estágio de Projeto e instalados na Construção que sejam EPD's verificados.
- e) O projeto deve conter pelo menos 10 produtos especificados no Estágio de Projeto e instalados na Construção que sejam EPD verificado, para alcançar o nível Exemplar.

Apesar do estudo de Avaliação do Ciclo de Vida só ser abordada nesse crédito, as categorias Gestão, Energia, Água, Resíduos, Transporte e Poluição também devem ser alcançadas para que se tenha uma redução dos impactos ambientais da edificação e então a ACV seja atendida.

Idealizadores da Certificação BRREAM entendem a importância da ACV para a construção e afirmaram que a próxima atualizações do Referencial, serão concedidos até 10 créditos para esse quesito.

Até os dias de hoje, não há empreendimentos certificados BREEAM no Brasil que tenham buscado os créditos relacionados à Avaliação do Ciclo de Vida. Por esse motivo, será apresentado como exemplo a edificação 80-100 Victoria Street, em Londres na Inglaterra (Figura 2), o qual alcançou os créditos relacionados à ACV na Certificação BREEAM.

Figura 2 – Edifício 80-100 Victoria Street



Fonte: BREEAM (2016)

O 80-100 é um prédio comercial de 4500m², que foi construído em 2014 e buscou o Selo BREEAM. O nível atingido foi o Excepcional, alcançando mais de 90% dos créditos existentes, sendo o empreendimento com maior pontuação até os dias de hoje (BREEAM, 2016). Parte desses créditos conquistados estão relacionados a requisitos de Avaliação do Ciclo de Vida.

As estratégias de sustentabilidade implementadas no edifício incluem desde a criação de empregos e oportunidades, até o uso eficiente de recursos naturais e design e inovação sustentáveis. Dentre essas, as ações relacionadas aos impactos no Ciclo de Vida, envolveram redução do carbono incorporado em toda a vida do projeto, reduzindo 11,5% em comparação com os projetos iniciais. Isto foi alcançado através da especificação de materiais com baixo teor de carbono, incluindo 79% de alumínio reciclado e 44% de carpetes recicladas, bem como tetos expostos e envidraçamento interno sem moldura (BREEAM, 2016).

Para calcular a redução de impactos ambientais proporcionada pelo empreendimento, utilizou-se o software e-ToolLCD, o qual utilizou a AusLCI para base de dados do ICV. Com o uso da ferramenta, somado a Calculador BREEAM International Mat 01, foi possível encontrar a quantidade de redução de impacto ambientais proveniente das técnicas construtivas escolhida. Nos resultados apresentados pelo estudo de ACV, foram encontrados valores para um grande número de categorias de impacto (IMPACT), porém apenas o Potencial de Aquecimento Global, a Acidificação, a Eutrofização e a Toxicidade Humana apresentaram redução de impacto ambiental. A Tabela 7 abaixo mostra os resultados encontrados.

Tabela 7 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida do 80-100 Victoria Street.

Categoria de Impacto	Unidade	% de Redução em comparação ao Baseline (%)
Potencial de Aquecimento Global	kg CO ₂ e/m ²	63%
Acidificação	mgCFC-11	25%
Eutrofização	kgSO ₂ e	1,6%
Toxicidade Humana	kg PO ₄ eq	11%

Fonte: e-Tool (2016)

Além desses resultados, o empreendimento também atendeu ao critério dos produtos com EPD. Por ser uma edificação no Reino Unido, onde há uma gama maior de produtos, o projeto conteve mais do que 10 produtos com EPD, alcançando o nível Exemplar.

Com base nas reduções de impacto apresentadas e a aplicação de produtos com Declaração Ambiental, o empreendimento atendeu aos critérios propostos pelo BREEAM e conquistou todos os créditos relacionados à ACV, os quais foram 6 na categoria Material.

4.1.2 LEED

A Certificação LEED é dividida em categorias e subcategorias as quais devem ser atendidas para a conquista do Selo. Dentro desse sistema, há uma categoria que aborda especificamente a ACV, o qual é o *Materiais e Recursos*. É dentro dessa categoria onde são cobrados os estudos de ACV para os materiais e a edificação como um todo. As principais subcategorias relacionadas ao assunto são *Redução do impacto do ciclo de vida da edificação* e *Divulgação e otimização de produtos de construção - Uso de declarações ambientais de produto*, pois são as que tratam da redução de impacto ambiental por meio de um ACV e a utilização de materiais EPD na edificação (USGBC, 2013). Porém as outras subcategorias também devem ser atendidas para que a edificação reduza os impactos causados ao longo do ciclo de vida.

Apesar da ACV ser de grande relevância para a Certificação LEED, o seu atendimento não é um pré-requisito. Um estudo de ACV é opcional na conquista do Selo, e é avaliado como forma de créditos e pontuações, as quais auxiliam na busca de uma maior posição no sistema de classificação da Certificação.

Para a subcategoria *Redução do impacto do ciclo de vida da edificação*, a equipe responsável pela edificação deve demonstrar impactos ambientais reduzidos no início

do projeto, reutilizando recursos existentes do edifício ou demonstrando uma redução no uso de novos materiais por meio da análise de ciclo de vida. Para isso, é necessário executar uma das opções a seguir:

- Opção 01: Reuso de Edifício Histórico;
- Opção 02: Reforma de Edifício abandonado ou deteriorado;
- Opção 03: Reuso de Edifícios e Materiais;
- Opção 04: Avaliação do Ciclo de Vida de todo o Edifício.

Entre as quatro, a Opção 4 é a relacionada com o estudo de Avaliação do Ciclo de Vida do empreendimento. O atendimento dessa subcategoria proporciona 3 pontos no sistema de classificação.

Para entender a esse crédito, o projeto deve conter uma Avaliação de Ciclo de Vida da edificação com um todo, do berço ao túmulo (cradle-to-grave) que demonstre uma redução de no mínimo 10%, em comparação com um edifício Baseline (ASHRAE 90.1 ou ASHRAE 90.2), em pelo menos três das seis categorias de impacto ambiental (CML 2002) citadas abaixo, sendo que uma delas necessita ser o potencial de aquecimento global. Além disso, nenhuma das outras categorias de impacto podem aumentar mais que 5% (USGBC, 2013).

- Potencial de aquecimento global (CO₂e);
- Potencial de destruição da camada de ozônio estratosférico (kg CFC-11);
- Potencial de Acidificação (terra) (kg SO₂e);
- Potencial de Eutrofização (água fresca), (kg PO₄ 3e);
- Depleção da Camada de Ozônio (kg de C₂H₄e);
- Destruição de recursos de energia não renovável (volume de matéria-prima).

A equipe responsável pelo projeto necessita levar em conta as seguintes considerações no estudo da ACV:

- a) Os Edifícios Proposto e o Edifício Baseline, devem ter a mesma função, composição, tamanho e orientação;
- b) Também devem ter a mesma vida útil de no mínimo 60 anos;

- c) O limite do sistema da ACV deve ser definido considerando impactos ambientais do berço ao túmulo, associados a todas as etapas do ciclo de vida da edificação como um todo;
- d) Caso a equipe opte pelo uso de um software no estudo da ACV, a mesma ferramenta deve ser usada tanto no edifício Baseline, como no modelo Proposto;
- e) Por fim, é necessária a comprovação de que os resultados obtidos na ACV foram utilizados nas tomadas de decisões que reduzam os impactos ambientais do projeto.

Ao seguir essas recomendações e reduzir os impactos ambientais nas porcentagens exigidas, o empreendimento conquista os 3 pontos relacionados a essa subcategoria.

Já, para a subcategoria *Divulgação e otimização de produtos de construção - Uso de declarações ambientais de produto*, o projeto deve considerar materiais que comprovem e redução de danos ambientais causados desde suas extrações até a vida útil dentro da edificação. A comprovação desta é feito por meio de Declaração Ambiental dos Produtos. O atendimento desse requisito pode conferir ao empreendimento até 2 pontos no sistema de classificação.

Para atender a essa subcategoria, o projeto da edificação deve conter pelo menos 20 produtos diferentes instalados de maneira permanente, de pelo menos 5 fabricantes distintos, os quais atendam a um dos critérios de divulgação a seguir:

- a) Possuir materiais com EPD com escopo do “berço ao portão”. Para cada 1 produto, são necessários 4 materiais com Selo EPD.
- b) Possuir materiais que estejam em conformidade com as Normas ISO 14025, 14040 e 14044, e EN 15804, ou ISO 21930, e que tenham escopo do “berço ao portão”.
- c) Possuir Materiais com EPD Setorial. Produtos com Selo EPD que inclui verificação externa, na qual o fabricante é reconhecido como do processo. Nesse caso, são necessários 2 materiais EPD Setorial para se ter 1 produto.
- d) Possuir materiais com EPD Específico. Para esse tipo de matéria, é necessário 1 material EPD Específico para se ter 1 produto.

A implementação desses 20 produtos na edificação proporciona ao empreendimento 1 ponto no sistema de classificação.

Além da existência dos 20 produtos citados acima, 50% dos custos de produtos da obra devem possuir certificados por terceiros que demonstrem, por meio de um Avaliação do Ciclo de Vida, a redução de impactos em pelo menos três das categorias a seguir.

- Potencial de aquecimento global (CO₂e);
- Potencial de destruição da camada de ozônio estratosférico (kg CFC-11);
- Potencial de Acidificação (terra) (kg SO₂e);
- Potencial de Eutrofização (água fresca), (kg PO₄ 3e);
- Depleção da Camada de Ozônio (kg de C₂H₄e);
- Destruição de recursos de energia não renovável (volume de matéria-prima).

A comprovação da redução de impacto ambiental dos produtos, por meio de estudos de ACV, proporciona ao empreendimento mais 1 ponto no sistema de classificação.

Em adição as categorias citadas acima, o LEED tem exigências em relação ao transporte de pessoas e materiais. A certificação trabalha com a proposta de transportes alternativos, onde haja paradas de transporte público entre 400 e 800 metros da edificação, ou mesmo a existência de bicicletários e vestiários para os ciclistas com o intuito de incentivar a redução do uso de veículos poluentes. Além da proposta para transportes alternativos, o LEED dá preferência para materiais ou produtos que sejam extraídos e produzidos na região, com uma distância de até 800 km do local da obra para um mínimo de 20% do valor total dos materiais, buscando a redução de energia embutida e emissão de gases do efeito estufa (USGBC, 2013),

Além das subcategorias citadas, para alcançar os resultados desejados em uma ACV, a equipe de projeto também deve atender os requisitos das categorias Espaço Sustentável, Localização e Transporte, Eficiência no Uso da Água, Energia e Atmosfera e Qualidade do Ambiente Interno, diminuindo assim o impacto ambiental em todos os quesitos da edificação.

Como exemplo de como é aplicado a Avaliação do Ciclo de Vida dentro da Certificação LEED, é possível citar a o empreendimento Espaço LarVerdeLar (Figura 3).

Figura 3 – Espaço LarVerdeLar



Fonte: e-Tool (2018)

O empreendimento possui 218,4 m², está localizado no interior de Minas Gerais e conquistou a Certificação LEED Gold. Esse edifício foi finalizado em janeiro de 2017 e é um dos primeiros do Brasil a buscar os créditos de relacionados a Avaliação do Ciclo de Vida.

A sustentabilidade foi buscada em todas as etapas de projeto. As principais estratégias aplicadas foram, arquitetura bioclimática, utilizando ao máximo a ventilação, iluminação e sombreamento naturais, telhado e paredes verdes, materiais com Selo de sustentabilidade, localização próxima a transportes públicos e estabelecimentos comerciais, reaproveitamento de água, entre outros. (Tosetto, 2018).

Adicionalmente às técnicas citadas, também foi levado em conta os impactos ambientais causados durante o ciclo de vida do Espaço LarVerdeLar. Pensando nisso, a equipe responsável pelo projeto inclui uma Avaliação do Ciclo de Vida de duas formas na edificação em questão: por meio dos impactos causados pelos materiais e pela vida útil da edificação com um todo. Em relação aos materiais, foram aplicados produtos com Selo ambientais ou menor pegada ecológica. Apesar de terem sido utilizados materiais sustentáveis, não foi aplicado nenhum material EPD nesta edificação.

Já, em relação ao estudo da ACV para a edificação com um todo, durante sua vida útil (cradle-to-cradle), utilizou-se a ferramenta e-Tool para produzir os resultados. Assim como no outro exemplo, a ferramenta usou a AusLCI como base de dados do ICV. O estudo foi baseado nas normas internacional ISO 14044 e EN15978 e teve como

dados de entrada os seguintes parâmetros: extração das matérias-primas da construção, fabricação e transporte dos materiais, consumo de água energia e manutenção, reciclagem, reuso, e descarte dos materiais ao fim da vida útil. Com base nesses dados foi então possível analisar as categorias de impacto relacionadas a certificação. Para esse estudo de ACV apresentou-se o resultado de apenas 4 delas, pois foram as categorias que demonstrarão redução em comparação ao edifício Baseline. Estas foram: Potencial de Aquecimento Global, Depleção da Camada de Ozônio, Acidificação da terra e fontes de água e Eutrofização. A Tabela 8 a seguir mostra a redução obtida para cada uma dessas essas categorias de impacto.

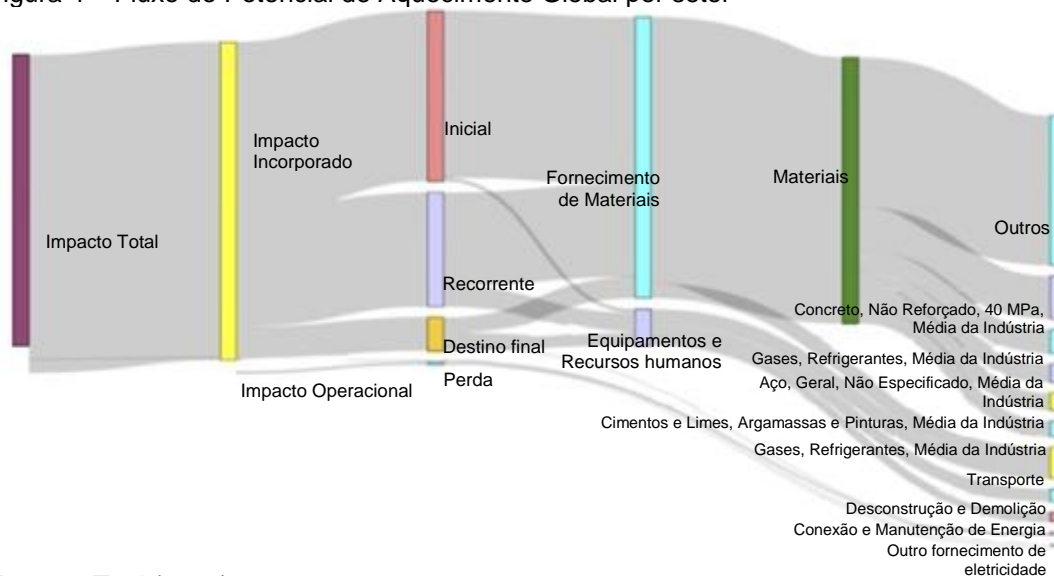
Tabela 8 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida do Espaço LarVerdeLar

Categoria de Impacto	Unidade	Projeto Realizado	Melhora em comparação ao Baseline (%)
Potencial de Aquecimento Global	kg CO ₂ e /m ²	961	28%
Depleção da Camada de Ozônio	mgCFC-11	33,2	37%
Acidificação	kgSO ₂ e / m ²	4,24	20%
Eutrofização	kg PO ₄ eq	1,29	1%

Fonte: e-Tool (2018)

Também é possível retirar resultados mais aprofundados de cada uma desses categoriais, mostrando quais são as etapas de obra e os materiais que mais influenciam impactos ambientais causados. A Figura 4 mostra a parcela de participação no Potencial de Aquecimento Global do Espaço LarVerdeLar, para cada etapa e material utilizados.

Figura 4 – Fluxo de Potencial de Aquecimento Global por setor



Fonte: e-Tool (2018)

Baseando-se nos indicadores obtidos, descobriu-se que as estratégias sustentáveis que trouxeram os melhores resultados para a redução de impacto do Espaço LarVerdeLar foram o desempenho térmico, geração de energia renovável através de painéis fotovoltaicos, a eficiência energética através da iluminação, aquecimento de água, refrigeração e equipamentos e uso de materiais de alta sustentabilidade.

A pesar de o empreendimento ter tido bons resultados referentes a redução do impacto ambiental, e ter atendido aos critérios da subcategoria *Redução do impacto do ciclo de vida da edificação* (3 pontos), a edificação não atingiu o número mínimo de produtos necessário para alcançar o crédito *Divulgação e otimização de produtos de construção - Uso de declarações ambientais de produto*. Isso se dá devido à escassez de produtos EPD no Brasil, e pelo fato de que produtos importados terem distância de transporte superior à 800 km. Contudo, o Espaço LarVerdeLar, ainda obteve resultados gerais satisfatória e conquistou uma das classificações mais altas da Certificação.

O edifício é um exemplo de que edificações de pequeno porte no Brasil são capazes de possuir certificações ambientais e diminuir os danos causados pelo atual modelo de construção brasileira.

4.1.3 GBC Brasil Casa

A próxima certificação a ser analisada é a GBC Brasil Casa. Como comentado anteriormente, esse Selo foi originado no Brasil com o intuito de criar uma certificação que se enquadrasse na cultura brasileira de construção de residências.

A GBC Brasil Casa é uma Certificação relativamente nova no mercado, e por ainda estar em desenvolvimento, não há créditos que exijam diretamente uma Avaliação do Ciclo de Vida. Esta é cobrada indiretamente por meio dos materiais a serem aplicados na edificação ou por ser um estudo inovador, não contemplado na Certificação.

A categoria que mais envolve, mesmo indiretamente, a Avaliação do Ciclo de Vida nesta certificação é a *Materiais e Recursos (MR)*, que trata sobre rotulagem ambiental, reciclagem e destinação final dos materiais existentes na edificação. Porém, além da MR, a ACV também é alcançada na categoria *Inovação e Projetos (IP)*, subcategoria *Inovação e Projeto*, em que o projeto pontua por apresentar estudos que comprovem a redução do impacto ambiental do empreendimento (GBC Brasil, 2017). Abaixo será detalhado cada um desses créditos.

Na categoria *Materiais e Recursos*, há uma subcategoria que envolve indiretamente a Avaliação do Ciclo de Vida, a qual é: *Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental do Produto*. Esta subcategoria não é um pré-requisito, a busca por esses créditos é opcional e o atendimento dos requisitos dessa subcategoria pode proporcionar até 3 pontos no sistema de classificação da Certificação.

A *Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental do Produto* exige que a equipe responsável pela edificação instale permanentemente produtos e materiais que possuam Declaração Ambiental de Produto (DAP - EPD), a qual seja validada por uma terceira parte, conforme a norma ISO 14025 – Rotulagem Ambiental do Tipo III. A pontuação é feita de acordo com as opções abaixo:

- a) Opção 1: 3 produtos com EPD específica ou setorial (1 ponto);
- b) Opção 2: 4 produtos com EPD específica ou setorial (2 pontos);
- c) Opção 3: 5 produtos com EPD específica ou setorial (3 pontos).

O entendimento só é legitimado se os materiais ou produtos forem instalados permanentemente e o processo de validação da EPD for completo, desde a realização da ACV, até autenticação final por uma terceira parte, cumprindo todas as etapas previstas na norma ISO 14025. Além disso, deve-se utilizar materiais ou produtos de construção que tenham sido extraídos, processados e fabricados em uma distância percorrida de até 500 km da edificação.

Já, na categoria Inovação e Projeto, subcategoria Inovação e Projeto, o estudo de uma Avaliação do Ciclo de Vida da edificação como um todo é pontuado mesmo não sendo uma exigência, pois não é contemplado em nenhuma outra categoria da Certificação. Nesse caso, a equipe responsável pela edificação deve atender ao item abaixo, comprovando o atendimento por meio de documentação enviada aos auditores qualificados.

- a) Trazer situações inovadora, que não tenha sido abordada em nenhum outro crédito da Certificação, explicando os méritos da medida proposta (máximo 4 pontos).

Para a Certificação GBC Brasil Casa, um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida na edificação como um todo é considerado um aspecto relacionado ao crédito Inovação de

Projeto, por se tratar de uma metodologia recente no país e por não ser especificada em nenhuma outra categoria do Referencial. Não há diretrizes diretas para os resultados encontrados na ACV, por esse motivo, qualquer valor de redução de impacto ambiental, em comparação ao Modelo Baseline, proveniente do RTQ (Regulamento Técnico da Qualidade), é validado como crédito atingido (RTQ, 2010). Além disso o Selo objetiva incluir a redução de impactos ambientais nas categorias Implementação, Uso Eficiente da Água, Energia e Atmosfera, Qualidade Ambiental Interna e reduzir os danos ambientais provenientes da edificação como um todo.

Para ilustrar a aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida na Certificação GBC Casa, pode-se citar o Case da Residência Henrique e Luciana Cury (HLC) (Figura 5).

Figura 5 – Residência Henrique e Luciana Cury (HLC)



Fonte: StraubJunqueira (2017)

Esta residência HCL está localizada em São Paulo e foi concluída em 2015. A edificação conquistou a Certificação GBC Brasil Casa em nível Gold, alcançando mais de 60 pontos na escala da certificação. Além disso, a residência foi a segunda colocada no 5º Prêmio Saint-Gobain de Arquitetura – Habitat Sustentável em 2017 (StraubJunqueira, 2017).

As principais estratégias sustentáveis definidas pela equipe responsável foram reduzir o consumo de água, aplicar materiais ambientalmente amigáveis e melhorar a eficiência energética por meio de equipamentos mais econômicos e instalação de painéis solares. Além disso foram adotadas estratégias de conforto ambiental, tais como

uso de vegetação ao redor da edificação e pintura branca para refletir a radiação solar incidente, aumentando a satisfação do usuário no interior da edificação (e-Tool, 2017).

Além das técnicas sustentáveis citadas, outro principal objetivo da equipe envolvida na realização do projeto foi avaliar o impacto ambiental causado pelos materiais aplicados na edificação e os impactos causados em todo o ciclo de vida da residência (cradle-to-cradle). Para isso, um dos principais critérios buscados na certificação GBC Casa foi Crédito de Inovação. O estudo de ACV do projeto Residência HLC foi realizado para atender integralmente os requisitos das normas vigentes, como a europeia EN15978, incluindo todos os módulos de ciclo de vida (ISO 14044), abordando o desempenho da edificação como um todo.

Assim como os demais exemplos citados, para obter os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida e a redução em comparação a uma edificação Baseline, foi utilizada a ferramenta e-Tool, com base de dados da AusLCl. Nessa edificação, os dados de entrada necessários para realização da análise foram as matérias-primas dos materiais utilizados, o transporte de equipamento e materiais, os resíduos gerados e técnicas de desconstrução da edificação. Além desses dados, também foram inseridos outros, tais como a função da edificação (mesma para o modelo real e o Baseline), à orientação, a quantidades de moradores (5 para essa edificação) e a vida útil da casa (60 anos) (e-Tool, 2017).

Com base nessas informações citados, foi então possível obter a redução de impactos ambientais da residência. O método de caracterização dos indicadores de impacto utilizados foi o CML, pois é o método utilizado no Modelo Baseline, conforme a Institute of Environmental Sciences (CML) (e-Tool, 2017). A Tabela 9 abaixo mostra as porcentagens de redução de impacto alcançadas.

Tabela 9 – Resultados obtido na Avaliação do Ciclo de Vida da Residência HLC

Categoria de Impacto	Unidade	Projeto Proposto	Melhora em comparação ao Baseline (%)
Potencial de Aquecimento Global	kg CO ₂ e/m ²	1,38 e+3	17%
Depleção da Camada de Ozônio	mgCFC-11	4,21 e+1	22%
Acidificação da terra e fontes de água	kgSO ₂ e	4,89 e+0	13%
Consumo de água	kL	8,06 e+1	39%

Fonte: e-Tool (2017)

Por não haver exigências sobre qual categorias de impacto devem ser reduzidas, para essa edificação apresentou-se os resultados das categorias de impacto que obtiveram redução em comparação ao Baseline.

Esses valores foram obtidos por meio de otimização do processo construtivo, da alta eficiência energética com projeto de conforto térmico passivo e iluminação natural, eficiência hídrica, aquecimento de água com painéis solares e captação de água pluvial. O empreendimento conquistou todos os pontos referentes ao Crédito de *Inovação e Projeto*, além de ter instalado 3 produtos com EPD e ter atingido 1 ponto na subcategoria *Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental do Produto*, provando que residências podem reduzir os danos causados ao meio ambiente, quando projetadas e planejadas com seriedade.

4.1.4 AQUA

A certificação AQUA, assim como o sistema GBC Casa, é originado no Brasil e seu sistema de avaliação foi criado pensando na cultura de construção brasileira. Apesar de haver semelhança com as demais certificações, o Selo não possui nenhuma categoria ou subcategorias que contemplem especificamente a Avaliação do Ciclo de Vida para edificação com um todo, assim como existe nos outros Selos. A ACV, contudo, é indiretamente exigida para os materiais e a redução do impacto ambiental é abordada em todas as subcategorias da Certificação.

Dentro das categorias do AQUA, a *Produtos, sistemas e processos construtivos*, subcategoria *Escolhas de produtos visando a limitar os impactos socioambientais da construção* é a única que menciona a Avaliação do Ciclo de Vida, porém de maneira indireta, por meio de Fichas EPDs. Essa subcategoria exige que a equipe de projeto atenda aos requisitos a seguir (FCAV, 2016):

- a) Determinar com os fornecedores, que estes deverão estar em condição de fornecer produtos que disponham de informações referentes a seus impactos ambientais, por meio de Declarações Ambientais de Produto (Nível Bom – Práticas);

- b) Planejar o transporte dos materiais e produtos do local de extração ou produção, até o canteiro de obra, pensando em modalidades menos poluentes, de modo a minimizar as emissões de gases como o CO₂ (Nível Superior – Boas Práticas);
- c) Criar estratégias que reduzam o impacto no uso de recursos naturais não renováveis, tais como comprovação da procedência dos recursos naturais empregados e conformidade legal da área de extração (Nível Bom – Práticas);
- d) Priorizar o uso de recursos naturais renováveis, e comprovar sua aplicação e procedência por meio de documentação (Nível Excelente – Melhores Práticas).

Mais uma vez, assim como nas outras certificações, a Avaliação do Ciclo de Vida é cobrada por meio de materiais tenham menos pegada ecológica ou que tenham EPD. O atendimento dos critérios citados acima, podem levar a subcategoria em questão a receber desde de nível Bom (Práticas) ao Excelente (Melhores Práticas), dependendo da quantidade ou de qual critério foi atendido.

A Certificação AQUA não usa como base uma edificação Baseline para comparação de redução de impacto, como as demais certificações. Esta também não exige um estudo completo de ACV para o empreendimento e nem concede pontuação pela redução de danos em cada categorias de impacto ambiental. A razão disso é o fato de a Fundação Vanzolini, quando idealizou a Certificação, acreditar que quando uma edificação é classificada como sustentável, já simboliza que os impactos socioambientais são reduzidos (Perfeito, 2017). Para a Fundação, a comprovação, por meio de documentação e auditorias rigorosas, da extração, transporte e destinação responsável de cada produto ou a preocupação com a sociedade no entorno do empreendimento, já é suficiente para atestar redução de impacto (FCAV, 2016).

Ademais, para a Certificação, as categorias que mais contribuem para a diminuição do impacto socioambiental são Edifício e seu Entorno, Canteiro de Obras, Energia, Água, Resíduos e Conservação e Manutenção. Por esse motivo, essas a categorias devem ser atendidas.

Como comentado anteriormente, o AQUA não exige um estudo de ACV completa, porém será apresentado um exemplo de edificação que conquistou o Selo, e quais foram as alternativas escolhidas para diminuir o impacto ambiental. A edificação a ser apresentada é a obra de expansão do Parque Madureira (Figura 6).

Figura 6 - Expansão do Parque Madureira



Fonte: Dimensional Engenharia (2017).

O Parque Madureira pertence a cidade do Rio de Janeiro e sua primeira inauguração foi no ano de 2012. Dois anos após a inauguração, foi decidido fazer uma ampliação no local, a qual conquistou a certificação AQUA. A expansão do Parque fez com que este passasse de 1km de extensão para 3,5km, sempre pensando na integração com a natureza. (Dimensional Engenharia, 2017).

As práticas sustentáveis adotadas foram desde acessibilidade até o uso de tecnologias de ponta para a reutilização de água da chuva, irrigação, iluminação e materiais reciclados, reduzindo assim custo de manutenção. Além disso também foram instalados sistemas de controle de iluminação e monitoramento, juntamente com sistema segurança. Adicionalmente, utilizou-se de telhados e paredes verdes para aumentar conforto interno e diminuir a necessidade de equipamentos de refrigeração.

Além das técnicas citadas, todas as lâmpadas instaladas são LED para garantir maior economia no consumo de energia elétrica, todas elas com sensor de luz. Também foram inseridas placas fotovoltaicas para a geração de energia no local.

Em relação aos materiais utilizados, grande parte deles foram de materiais reciclados ou madeira de reflorestamento. De acordo com o a Dimensional Engenharia (2017) foram aplicados produtos com Ficha EPD, porém não há informações públicas de quais ou quantos, só é sabido que foi conquistado nível Superior na categoria *Produtos, sistemas e processos construtivos*.

Devido as todas essas alternativas sustentáveis, a construção conquistou na certificação AQUA 7 categorias em nível Excelente, 2 categorias em nível Superior e 5

categorias em nível Bom, concedidas pela Fundação Vanzolini (Dimensional Engenharia, 2017).

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS CERTIFICAÇÕES BREEAM, LEED, GCB BRASIL CASA E AQUA

Com base nas informações coletadas foi possível criar quatro tabelas de comparação entre as quatro Certificações estudadas, levando em conta a Avaliação do Ciclo de Vida (Tabelas 10, 11, 12 e 13). A primeira tabela compara as categorias ambientais de Avaliação do Ciclo de Vida presente em cada Selo. Já, a segunda tabela é uma comparação sobre as fases do Ciclo de Vida de cada Certificação. A terceira é uma análise das semelhanças entre às pontuações destinada a ACV em cada Certificação. Por último, a quarta tabela é uma comparação entre os edifícios Baseline usado como base do estudo da ACV em cada um dos Selo.

Tabela 10 – Categorias ambientais de ACV dentro das Certificações Ambientais

Certificação Ambiental		BREEAM	LEED	GBC Brasil Casa	AQUA
Categoria que contém ACV		Materiais	Materiais e Recursos	Materiais e Recursos Inovação e Projeto	Produtos, Sistemas e Processos construtivos
Categorias de Impacto Ambiental Abordada	Potencial de aquecimento global	X	X	X	X
	Consumo dos Recursos	X	X	X	-
	Uso da terra	X	X	X	-
	Uso da água	X	X	X	X
	Toxicidade Humana	X	X	-	X
	Depleção da Camada de Ozônio	X	X	X	X
	Criação de Ozônio Fotoquímico	X	X	X	X
	Acidificação	X	X	X	X
	Eutrofização	-	-	-	X
	Carbono incorporado ou pegada de carbono	X	-	-	-
	Ecotoxicidade	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria

Tabela 11 – Fases do Ciclo de Vida em cada Certificações Ambientais

Fases de processo	Certificações Ambientais			
	BREEAM	LEED	GBC Brasil Casa	AQUA
Planejamento	X	-	-	-
Projeto	X	-	-	-
Extração	X	X	X	X
Transporte	X	X	X	X
Fabricação de materiais	X	X	X	X
Construção	X	X	X	X
Uso	X	X	X	X
Manutenção	-	-	-	X
Desativação	X	X	X	X

Legenda	Base de dados
	Coleta de dados

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 – Pontuação concedida a ACV em cada Certificações Ambientais

Certificação Ambiental	BREEAM	LEED	GBC Brasil Casa	AQUA
Exige uma ACV do edifício com um todo?	Sim	Sim	Não	Não
Exige o uso de EPD?	Sim	Sim	Sim	Sim
Quantos EPDs são exigidos?	5 produtos ou 10 produtos (nível exemplar)	20 produtos ou 80 materiais (4 materiais = 1 produto)	Mínimo 3 Produtos	Quantidade não especificada
Pontuação Concedida	7	6	7	Excelente – Melhores Práticas

Fonte: Autoria própria

Tabela 13 – Características dos edifícios Baseline usado como base para a ACV em cada Selo

Certificação Ambiental	BREEAM	LEED	GBC Brasil Casa	AQUA	
Baseline	Norma Base	EN 15978	ISO 14040 e ASHRAE 90.1 ou 90.2	ISO 14040 e Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ)	-
	Mesma Função?	Sim	Sim	Sim	-
	Mesmos Materiais?	Não	Não	Não	-
	Mesma Região?	Sim	Sim	Sim	-
	Mesma Orientação?	Não	Sim	Sim	-
	Mesma Ocupação?	Não	Sim	Sim	-
	Base de dados	IMPACT 2002+	CML 2002	CML 2002	-
Vida Útil	60 anos	60 anos	60 anos	50 anos	

Fonte: Autoria própria

4.3 DISCUSSÃO

Com base nos resultados encontrados e uma análise das tabelas, é possível entender que a Avaliação do Ciclo de Vida é cobrada de maneira semelhante nas Certificações BREEAM, LEED e GBC Brasil Casa, porém de maneira distinta na Certificação AQUA. Nos três primeiros Selos, o sistema de avaliação do nível de sustentabilidade de uma edificação é feito por meio de conquista de créditos ou pontos, e a ACV é parte dos requisitos necessários para conquistar esses pontos. Já no caso do Selo AQUA, primeiramente, o Selo não é alcançado por pontos, mas pela comprovação, por meio de documentação, do atendimento das 14 categorias existentes. No AQUA, não há necessidade de uma ACV completa, pois é entendido que ao atender as categorias, comprovando responsabilidade ambiental em todas as etapas do processo, já há uma redução do impacto ambiental causado pela edificação.

Apesar de a ACV completa não ser exigida em todas as Certificação, em todos os quatro Selo esta é requisitada por meio de materiais com Selo EPD. A Certificação LEED é a que exige um número maior de materiais, sendo 80 materiais ou 20 produtos. Já o BREEAM cobra no mínimo 5 produtos que contenham a Ficha EPD, enquanto a Certificação GBC Casa exige de 3 a 5 e a AQUA não estipula um número exato, apenas esclarece a necessidade da aplicação desses produtos. Contudo, no Brasil ainda há uma escassez desse tipo de produto, sendo apenas duas empresas que os contém, a Votorantim e a Saint Gobain. Por esse motivo, os requisitos relacionados a produtos com Ficha EPD nas Certificações dificilmente são alcançados, principalmente para o Selo LEED, onde são exigidos um grande número de materiais.

Ao observar as tabelas, também é possível encontrar resultados relacionados as categorias de impacto envolvidas em cada uma das quatro Certificações estudadas. As quatro Certificações estudadas possuem categorias de impacto relacionadas à potencial de aquecimento global, uso de água, depleção da camada de ozônio, criação de ozônio fotoquímico e acidificação. Separadamente, as Certificações também relacionam outras questões como o consumo de recursos e uso da terra nos Selos BREEAM, LEED e GBC Casa, a toxicidade humana nos Selos BREEAM, LEED e AQUA, a eutrofização no Selo AQUA e o carbono incorporado no Selo BREEAM. Por último, descobriu-se também que nenhuma das quatro Certificações tem questões relacionadas à Ecotoxicidade.

Além das categorias de impacto também é possível comparar a aplicação da ACV nos quatro Selos no que se diz respeito as fases do ciclo de vida abordadas em cada um. Em todas as Certificação, de maneira geral, a ACV é envolve as fases de extração, transporte, fabricação de materiais, construção, uso, manutenção e destinação. Para o Selo BREEAM, também são envolvidas as fases de planejamento e projeto, as quais não são citadas nas demais Certificações. Dentre essas fases de ciclo de vida há aquelas em que os dados são buscados em campo e aquelas que os dados podem ser provenientes de banco de dados. O Selo AQUA é o que mais exige informação de coleta de dados, pois, como comentado anteriormente, há a necessidade de comprovar a redução de impacto ambiental por meio de documentação em cada processo do empreendimento. Para o GBC Casa, só a necessidade de buscar dados em campo relacionados à transporte e fabricação de materiais. Para os Selos BREEAM e LEED além do transporte e fabricação de materiais também é necessário dados sobre a construção. Os dados que não são coletados em campo, podem ser provenientes de base de dados inseridas nas ferramentas da ACV como o SimaPro ou o e-Tool.

Por último, também foi possível uma comparação entre os edifícios Baseline de cada Certificação. Para encontrar o percentual de redução de impacto ambiental resultante de cada empreendimento, é feita uma comparação com um edifício base preestabelecido em cada Certificação. Para o Selo BREEAM, a edificação Baseline deve ser uma edificação que possua a mesma função do edifício Proposto, que esteja inserida na mesma região e que tenha vida útil de 60 anos. A base de dados usada para esse Baseline é o IMPACT 2002+. Já para os Selos LEED e GBC Casa, o Baseline deve estar na mesma região, conter a mesma função, orientação e ocupação e conter uma vida útil de 60 anos. Para esses, a base de dados é proveniente do CML 2002. O Selo AQUA não possui edifício Baseline, pois, como já falado, a comprovação da redução de impacto é feita por dados coletados em campo e documentação comprovatória.

5 CONCLUSÃO

A Avaliação do Ciclo de Vida vem sendo usada na construção civil para obter informações e quantificar os impactos ambientais causados por determinado produto ou serviço. As informações coletadas dão suporte à equipe responsável pelos projetos na tomada de decisões mais conscientes e responsáveis. Nessa linha de pensamento, a ACV torna-se uma técnica de grande valor nos sistemas de Certificação Ambiental de edificações.

Hoje, grande parte das Certificações já incluiu as da técnica de ACV em seus sistemas de classificação. As Certificações BREEAM, LEED, GBC Brasil Casa e AQUA são as que estão presentes no Brasil e tem maior foco para esse método, porém ainda assim, de maneira sutil. Os Selos BREEAM, LEED e GBC Brasil Casa possuem créditos relacionados com a redução de impacto ambiental da edificação comprovado por um estudo de ACV completo, enquanto o Selo AQUA bonifica quando comprovada a escolha consciente de materiais e serviços em todos os processos da obra, desde a extração até a destinação final. Adicionalmente, todas as quatro Certificações creditam a edificação quando materiais com baixo impacto ambiental são aplicados no empreendimento. Os Selos classificam os materiais escolhidos por meio de abordagem de ACV, sendo esta, a ser comprovada com Fichas EPD.

Outro fator relevante, encontrado neste trabalho, foi as fases de ciclo de vidas destacadas em cada uma das Certificações. De maneira geral, as fases de extração, transporte, fabricação, construção, uso e a desativação são abordadas em todos os Selos, principalmente, na escolha de materiais. Já as fases de planejamento e projeto só são citadas no referencial do BREEAM, enquanto a fase de manutenção só é abordada pelo AQUA.

Além das fases de ciclo de vidas, neste trabalho também foram encontrados dados relevantes relacionados as categorias de impacto presentes em cada uma das quatro Certificações estudadas. Descobriu-se que todos os Selos analisados buscam informações sobre aspectos de mudança climática, diminuição de ozônio, criação de ozônio fotoquímico, uso da água e acidificação. Contudo, o consumo de recursos, o uso da terra, a toxicidade humana, a eutrofização e o carbono incorporado só são encontrados em alguns do Selos. A Ecotoxicidade não é encontrada em selo nenhum.

Para encontrar resultados sobre a redução de impacto ambiental proporcionada pela edificação sustentável, as Certificações Ambientais usam edifícios Baseline como base de comparação. Na Certificação BREEAM, o edifício Baseline necessita estar na mesma região, ter uma vida útil de 60 anos e utilizar base de dados da IMPACT 2002+. Para o LEED, o Baseline deve utilizar dados da base de dados CML 2002 e ter vida útil de 60 anos e ter a mesma função, orientação e ocupação. Já o Selo GBC Casa Brasil exige que a edificação Baseline tenha vida útil de 60 anos, as mesmas características que o edifício Proposto e utilizar, assim como o LEED, a base de dados CML 2002. Ao contrário das demais certificações, o selo AQUA não possui uma edificação Baseline para comparação de resultados. A sua sustentabilidade é comprovada por meio de documentações coletadas durante a obra e ao uso da edificação.

Apesar de a ACV trazer benefícios para a edificação e o ambiente ao redor, seu uso ainda é mínimo. Dentre as principais razões para o uso limitado da ACV nos sistemas de Certificação Ambiental dos edifícios, há a sua complexidade de implementação, uma vez que exige tempo e esforço consideráveis. A extensão dos esforços empregados em um estudo da ACV torna a sua implementação muitas vezes inviável em um processo de Certificação. Além disso, a escassez de materiais com Selo EPD no Brasil, impossibilita a aplicações destes em obra, dificultando a conquistas dos créditos relacionados.

A ACV pode ser utilizada principalmente em casos cujos bancos de dados de inventário estão disponíveis para os componentes de construção empregados na edificação. Mesmo esta possibilidade tem se mostrado muito pouco viável no Brasil, devido à escassez de dados disponíveis sobre os inventários do ciclo de vida dos materiais de construção.

Concluindo, apesar do maior esforço exigido para a implementação de um estudo de ACV para a edificação com um todo, os resultados são de grande utilidade para a sustentabilidade do empreendimento. As informações coletadas em um estudo de ACV proporcionam conhecimento sobre os impactos criados e conseqüentemente sobre como diminuí-los. As Certificações Ambientais vêm ajudando a difundir o uso de ACV para edificações, auxiliando a reduzir os danos ambientais causados pela construção civil.

REFERÊNCIAS

- ADISSI, P.; PINHEIRO, F.; CARDOSO, R. (2012) *Gestão ambiental de unidades produtivas*. 1st ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil.
- ALYASERI, I. AND ZHOU, J. (2017). Towards better environmental performance of wastewater sludge treatment using endpoint approach in LCA methodology. *Heliyon*, 3(3), p.e 268.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR ISO 14040 – *Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2009). NBR ISO 14044 – *Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - requisitos e orientações*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013). NBR 15575-1 – *Edifícios habitacionais – desempenho*. Rio de Janeiro.
- BARRANTES, LDS et al. (2016) *Avaliação do ciclo de vida da madeira de eucalipto para produção de energia no Brasil*. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 5., Fortaleza. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Ciclo de Vida, 2016. p. 384-390.
- BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N.; RAO, S. BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings. BRE Report. Garston, CRC. 1998. 36 pp.
- BENTO, R. C.; CARDOSO, P. F.; KOMESU, A.; OMETTO, A. R.; ROSSI, E.; ROSSIGNOLO, J. A. (2013). *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.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº 449, de 25 de novembro de (2010). *Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)*. Rio de Janeiro, 2010b.
- BREEAM (2016). 80-100 Victoria Street, London. [online] BREEAM. Disponível em: <<http://www.breeam.com/case-studies/offices/80-100-victoria-street-london/>>. Acessado em 20 de maio de 2018,

BRUCE, A., HAYNES, R. AND MENDONCA, H. (2015). Life Cycle Assessment Software and Consulting – eTool. eToolLCD. Disponível em <<https://etoolglobal.com/>>. Acesso em 5 de novembro de 2017.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J.; OMETTO (2013), Life Cycle Assessment and the Environmental Certification Systems of Buildings. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v.1, n. 8.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE) (2016). Building Research Establishment Environmental Assessment Method Centre. Bespoke International Process. Disponível em:<<http://www.breeam.com>>. Acesso em 24 setembro de 2017.

CARDOSO, P. F. (2015). Sistemas de certificação ambiental de edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da avaliação do ciclo de vida. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CRESPO N. M.; BUENO, C.; OMETTO, A. R. (2016). Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. *Production*, v. 26, n. 1.

COLE RJ (1999). Environmental performance of buildings: Setting goals, offering guidance, and assessing progress. *Reshaping the Built Environment: Ecology, Ethics, and Economics*.

COUTO, A. C. (2014). Integração da análise ciclo de vida nas práticas de projeto de edifícios, aplicação a um caso prático.

DIMENSIONAL ENGENHARIA (2017). Expansão do Parque Madureira. [online] [Dimensionalengenharia.com](http://www.dimensionalengenharia.com). Disponível em: <<http://www.dimensionalengenharia.com/expansao-do-parque-madureira>> Acessado em 5 outubro de 2017.

DIXIT, M. (2017). Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 79, p. 390-413.

DOAN, D.; GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. (2017) A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, v. 123, p. 243-260.

EON, C.; MURPHY, L.; BYRNE, J.; ANDA, M. (2017). Verification of an emerging LCA design tool through real life performance monitoring. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, v. 2, p. 26.

EPD System (2016). The International EPD® System - Environmental Product Declarations. [online] Environdec.com. Disponível em: <https://www.environdec.com/> Acesso em: 10 de Abril de 2018.

EPD Brasil (2017) | Declarações Ambientais. Disponível em: <https://www.epdbrasil.com.br/usando-epds>. Acesso em 5 de março de 2018.

eTool, BUILDING, L.; LANE, 9.; IMPACT, B. et al. (2017) Life Cycle Assessment Software and Consulting - eTool. Disponível em: <https://etoolglobal.com/>. Acesso em 11 de outubro de 2017.

e-Tool, P. (2016). 80-100 Victoria St - LCA for Breeam Refurbishment and Fit-out - eTool. [online] eTool. Disponível em: <https://etoolglobal.com/portfolio-item/80-100-victoria-st-lca-breeam-refurbishment-fit/> Acessado em 16 de abril de 2018.

e-Tool, P. (2017). Residência Henrique Cury e Luciana Daud (Portuguese) - eTool. [online] eTool. Disponível em: <https://etoolglobal.com/portfolio-item/residenciahenriquecury/>. Acessado em 23 de março de 2018.

e-Tool, P. (2018). Espaço Lar Verde Lar (Portuguese) - eTool. [online] eTool. Disponível em: <https://etoolglobal.com/portfolio-item/espacolarverdelar/>. Acessado em 23 de maio de 2018.

FCAV – FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLIN. (2016). Regras de certificação AQUA-HQE certificado pela Fundação Vanzolini para edifícios em construção. Fundação Vanzolini. CERWAY.

FINNVEDEN, G. et al. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. Journal of Environmental Management, v.91, n.1, p.1-21.

GBC Brasil (2016). GBC Brasil | Construindo um Futuro Sustentável |. [online] Gbcbrasil.org.br. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=138>. Acesso em 07 de março de 2018.

GBC Brasil Casa (2017) – GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Info sheet. Página institucional. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br> Acesso em 18 de março de 2018.

GENG, S.; WANG, Y.; ZUO, J. et al. (2017). Building life cycle assessment research: A review by bibliometric analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 76, p. 176-184.

HE, Y.; KVAN, T.; LIU, M.; LI, B. (2018). How green building rating systems affect designing green. *Building and Environment*, v. 133, p. 19-31.

HOFFMAN A.J., HENN R. (2008) Overcoming the social and psychological barriers to green building. *Organization & Environment*. 390-419.

⁵
HOWE J.C. (2010). Overview of green buildings. *National Wetlands Newsletter*. 3-14.

INMETRO (2016). INMETRO – Programa de Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração A. [Abiplast.org.br](http://abiplast.org.br). Disponível em: http://abiplast.org.br/noticias/inmetro--programa-de-rotulagem-ambiental-tipo-iii--declaracao-ambiental-de-produto-dap/20160329154107_J_185. Acesso em: 29 de março de 2018.

ISMAEEL, W. (2018). Midpoint and endpoint impact categories in Green building rating systems. *Journal of Cleaner Production*, 182, pp.783-793.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Grupo A-Bookman, 2000.

KIBERT C.J. (2016) *Sustainable construction: green building design and delivery*: John Wiley & Sons.

KUA H, LEE S. (2002) Demonstration intelligent building—a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment. *Building and Environment*. 231-40.

LEE, N., TAE, S., GONG, Y. AND ROH, S. (2017). Integrated building life-cycle assessment model to support South Korea's green building certification system (G-SEED). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, pp.43-50.

LEITE, A. (2013). *Eficiência e desperdício da energia no Brasil*. 1st ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

LIE UGAYA, C. (2013) Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos. In: P. Adissi; F. Pinheiro; R. Cardoso. *Gestão Ambiental De Unidades Produtivas*. 1st ed, p.275-298, 2013. Elsevier.

MATTOS LEMOS, H. (2013). As Normas ISO 14000. [online] *Revista Meio Ambiente Industrial e Sustentabilidade*. Disponível em: <http://rmai.com.br/as-normas-iso-14000/>. Acesso em: 9 de abril de 2018.

MILLER, D.; DOH, J.H.; PANUWATWANICH, K.; VAN OERS, N., (2015). The contribution of structural design to green building rating systems: An industry perspective and comparison of life cycle energy considerations. *SUSTAIN CITIES SOC*. 16, 39-48.

PERFEITO, P. (2017) Avaliação do Ciclo de Vida de uma Habitação de Interesse Social Construída a partir de Contêineres Marítimos Reciclados. Mestre, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

PIEKARSKI, C. M. et al. (2012). Métodos de avaliação de impactos do ciclo de vida: uma discussão para adoção de métodos nas especificidades brasileiras. Revista Gestão Industrial, v. 8, n. 3.

ROMÉRO, M.; REIS, L. (2012) Eficiência energética em edifícios. Barueri, SP: Editora Manole.

STRAUBJUNQUEIRA (2017). Arquivos GBC Casa - StraubJunqueira. Disponível em: <<http://www.straubjunqueira.com.br/category/gbc-casa/#.Wvc-LlgvzIV>>. Acesso em 6 de abril de 2018.

TAVARES, S. (2006) Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras. Doutor, Universidade Federal de Santa Catarina.

TOSETTO, V. (2018). Espaço LarVerdeLar. Espaço LarVerdeLar. Disponível em <<http://espaco.larverdelar.com.br/>>. Acessado em 23 de maio de 2018.

UNEP – 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.; HENNICKE, P.; ROMERO, P. L.; SIRIBAN, A. M. (eds.) UNEP, p. 1-3.

Unidade de Acesso à Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade do Sebrae Nacional (2017). Sebrae | Portal de Sustentabilidade. [online] Sebrae | Portal de Sustentabilidade. Disponível em <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade>>. Acessado em 4 de março de 2018

USGBC – UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (2013). LEED: Reference Guide for Building Design and Construction v4.

YUDELSON, Jerry. Projeto integrado e construções sustentáveis. Bookman Editora, 2013.
ZHENG, G.; JING, Y.; HUANG, H.; ZHANG, X.; GAO, Y. (2009). Application of life cycle assessment (LCA) and exenics theory for building energy conservation assessment. Energy, v.34, n.11, p.1870-1879.

ZUO, J.; PULLEN, S.; RAMEEZDEEN, R. et al. (2017) Green building evaluation from a life-cycle perspective in Australia: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 70, p. 358-368.

CANAZARO, C. C.; MORAES, C. A. M.; KERN, A. P. (2017). Avaliação do ciclo de vida e a certificação LEED. *Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais*.

International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (1980), *World Conservation Strategy*, Gland, Switzerland.

ANEXO 1

Categorias e Subcategorias da Certificação BREEAM

Categoria	Subcategoria	Créditos	Créditos Específicos para ACV
Gestão (21 pontos)	Resumo do projeto	4	
	Custo do ciclo de vida e planejamento da vida útil	4	
	Práticas de construção responsável	6	
	Comissionamento e entrega	4	
	Cuidados posteriores	3	
Saúde e bem-estar (25 pontos)	Conforto visual	6	
	Qualidade do Ar Interno	5	
	Contenção segura em laboratórios	2	
	Conforto Térmico	3	
	Desempenho acústico	4	
	Acessibilidade	2	
	Riscos	1	
	Espaço privado	1	
Energia (37 pontos)	Qualidade da água	1	
	Redução do uso de energia e emissões de carbono	15	
	Monitoramento de energia	4	
	Iluminação externa	1	
	Design de baixo carbono	3	
	Armazenamento a frio energeticamente eficientes	3	
	Sistemas de transporte energeticamente eficientes	3	
	Sistemas laboratoriais energeticamente eficientes	5	
	Equipamentos energeticamente eficientes	2	
Espaços secos	1		
Transporte (13 pontos)	Acessibilidade ao transporte público	5	
	Proximidade de comodidades	2	
	Modos alternativos de transporte	2	
	Capacidade máxima de estacionamento	2	
	Plano de viagem	1	
	Home office	1	
Água (10 pontos)	Consumo de água	5	
	Monitoramento da água	1	
	Detecção e prevenção de vazamento de água	3	
	Equipamento eficiente de água	1	
Materiais (12 pontos)	Impactos do ciclo de vida	6	5
	Fornecimento responsável de produtos de construção	4	
	Projetando para durabilidade e resiliência	1	
	Materiais Eficientes	1	1
Resíduos (10 pontos)	Gestão de resíduos de construção	3	
	Agregados reciclados	1	
	Resíduos operacionais	3	
	Acabamentos especulativos	1	
	Adaptação à mudança climática	1	
	Adaptabilidade funcional	1	

Categoria	Subcategoria	Créditos	Créditos Específicos para ACV
Uso da terra e ecologia (10 pontos)	Seleção do local	3	
	Valor ecológico do local e proteção de características ecológicas	2	
	Melhorando a ecologia do local	3	
	Impacto a longo prazo na biodiversidade	2	
Poluição (13 pontos)	Impacto dos refrigerantes	4	
	Emissões de NOx	2	
	Escoamento de águas superficiais	5	
	Redução da poluição luminosa noturna	1	
	Redução da poluição sonora	1	
Inovação (10 pontos)	Inovação	10	
TOTAL		161	6

Fonte: BRE (2016)

Categorias e Subcategorias da Certificação LEED

Categoria	Subcategoria	Pré-Requisito	Crédito	Créditos Específicos para ACV
Processo Integrado (1 ponto)	Processo Integrado		1	
Espaço Sustentável (10 pontos)	Prevenção da poluição em todas as atividades da construção	X		
	Avaliação do ambiente natural local	X		
	Avaliação da localização		1	
	Desenvolvimento do redor		2	
	Espaços abertos		1	
	Gestão de águas pluviais		3	
	Redução da ilha de calor		2	
	Redução da poluição luminosa		1	
Localização e Transporte (16 pontos)	Proteção da terra local		1	
	Importância para a Localização		2	
	Diversidade de estabelecimentos ao redor		5	
	Acesso à transportes público de qualidade		5	
	Instalações para bicicletas		1	
	Redução de estacionamentos para carros mais poluentes		1	
	Utilização de veículos verdes		1	
Eficiência no Uso da Água (11 pontos)	Redução de uso de água ao ar livre	X		
	Redução do uso de água Interna	X		
	Medição de água no nível do edifício	X		
	Redução de uso de água ao ar livre		2	
	Redução do Uso de Água Interna		6	
	Uso da Água da Torre de Resfriamento (Condicionamento de Ar)		2	
	Medição de Água		1	
Energia e atmosfera (33 pontos)	Comissionamento e verificação fundamentais	X		
	Desempenho mínimo de consumo energético	X		

Categoria	Subcategoria	Pré-Requisito	Crédito	Créditos Específicos para ACV
Energia e atmosfera (33 pontos)	Medição de energia em nível de edifício	X		
	Gerenciamento básico de sistemas de refrigeração	X		
	Comissionamento aprimorado		6	
	Otimização do desempenho energético		18	
	Medição avançada de energia		1	
	Resposta à demanda		2	
	Produção de energia renovável		3	
	Gerenciamento aprimorado de sistemas de refrigeração		1	
	Energia verde e compensações de carbono		2	
Materiais e Recursos (13 pontos)	Armazenamento e coleta de materiais recicláveis	X		
	Gerenciamento e planejamento de resíduos de construção e demolição	X		
	Redução do impacto do ciclo de vida da edificação		5	3
	Divulgação e otimização de produtos de construção - Uso de declarações ambientais de produto		2	2
	Divulgação e otimização do uso de produtos de construção - Fornecimento de matérias primas		2	
	Divulgação e otimização do uso de produtos de construção - Ingredientes materiais		2	
	Gestão de resíduos de construção e demolição		2	
Qualidade do Ambiente Interno (16 pontos)	Desempenho mínimo da qualidade do ar interior	X		
	Controle ambiental de fumaça de tabaco (cigarro)	X		
	Estratégias aprimoradas da qualidade do ar interno		2	
	Materiais com baixa emissão de gases		3	
	Construção de um plano de gestão da qualidade do ar interior		1	
	Avaliação da qualidade do ar interior		2	
	Conforto térmico		1	
	Iluminação Interior		2	
	Iluminação natural (luz solar)		3	
	Qualidade na vista		1	
	Desempenho acústico		1	
Inovação (6 pontos)	Inovação		5	
	Possuir um profissional acreditado pelo LEED		1	
Créditos regionais (4 pontos)	Créditos regionais		4	
TOTAL			110	5

Fonte: USGBC (2013)

Categorias e Subcategorias da Certificação GBC Brasil Casa

Categoria	Subcategoria	Pré-Requisito	Crédito	Créditos Específicos para ACV
Implantação (IMP) (21 pontos)	Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da Construção	X		
	Orientações de Arquitetura Bioclimática	X		
	Não utilizar Plantas Invasoras	X		
	Seleção do Terreno	X		
	Urbanização do Entorno e Ruas Caminháveis		2	
	Localização Preferencialmente Desenvolvida		3	
	Preservação ou Restauração do Habitat		2	
	Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público		3	
	Acesso a Espaço Aberto		1	
	Redução do Impacto da Obra no Terreno		1	
	Paisagismo		5	
	Redução de Ilha de Calor		2	
	Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais		2	
	Uso Eficiente da Água (UEA) (12 pontos)	Uso Eficiente da Água – Básico	X	
Medição Única do Consumo de Água		X		
Uso Eficiente da Água – Otimizado			3	
Medição Setorizada do Consumo de Água			2	
Uso de Fontes Alternativas Não Potáveis			3	
Sistemas de Irrigação Eficiente			3	
Plano de Segurança da Água			1	
Energia e Atmosfera (EA) (28 pontos)	Desempenho Mínimo da Envoltória	X		
	Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	X		
	Qualidade e Segurança dos Sistemas	X		
	Iluminação Artificial – Básica	X		
	Desempenho Energético Aprimorado		10	
	Obter a etiqueta PBE Edifica		2	
	Desempenho Aprimorado da Envoltória		4	
	Fontes Eficientes de Aquecimento Solar		2	
	Iluminação Artificial – Otimizada		2	
	Equipamentos Eletrodomésticos Eficientes		1	
	Energia Renovável		4	
	Comissionamento dos Sistemas Instalados		2	
	Medição Básica de Energia		1	
Materiais e Recursos (MR) (14 pontos)	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	X		
	Madeira Legalizada	X		
	Gerenciamento de Resíduos da Construção		3	
	Madeira Certificada		2	
	Rotulagem Ambiental Tipo I - Materiais Certificados		1	

Categoria	Subcategoria	Pré-Requisito	Crédito	Créditos Específicos para ACV
Materiais e Recursos (MR) (14 pontos)	Rotulagem Ambiental Tipo II - Materiais Ambientalmente Preferíveis		3	
	Rotulagem Ambiental Tipo III - Declaração Ambiental do Produto		3	3
	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Estruturais		1	
	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Não-estruturais		1	
Qualidade Ambiental Interna (QAI) (18 pontos)	Controle de Emissão de Gases de Combustão	X		
	Exaustão Localizada – Básica	X		
	Desempenho mínimo do Ambiente Interno	X		
	Desempenho Térmico		3	
	Desempenho Lumínico		3	
	Desempenho Acústico		3	
	Controle de Umidade Local		1	
	Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem		1	
	Controle de Partículas Contaminantes		3	
	Materiais de Baixa Emissão		2	
Saúde e Bem-Estar		2		
Requisitos Sociais (RS) (5 pontos)	Legalidade e Qualidade	X		
	Acessibilidade Universal		1	
	Boas Práticas Sociais para Projeto e Obra		2	
	Boas Práticas Sociais para Operação e Manutenção		1	
	Liderança em Ação		1	
Inovação e Projeto (IP) (10 pontos)	Manual de Operação, Uso e Manutenção	X		
	Projeto Integrado e Planejamento		3	
	Educação e Divulgação		2	
	Inovação e Projeto		5	4
Créditos Regionais (CR) (2 pontos)	Créditos Regionais		2	
TOTAL			110	7

Fonte: GBC Brasil (2017)

Categorias e Subcategorias da Certificação AQUA

Categorias	Subcategorias	Aborda a ACV
Edifício e seu Entorno	Implantação do edifício no terreno tendo em vista um desenvolvimento urbano sustentável	
	Qualidade dos espaços externos acessíveis aos usuários	
	Impactos do edifício sobre a vizinhança	
Produtos, Sistemas e Processos construtivos	Escolhas que garantam a durabilidade e a adaptabilidade da construção	
	Escolhas que facilitem a conservação da construção	
	Escolhas de produtos visando a limitar os impactos socioambientais da construção	X

Categorias	Subcategorias	Aborda a ACV
Produtos, Sistemas e Processos construtivos	Escolha de produtos visando a limitar os impactos da construção na saúde humana	
Canteiro de obras	Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras	
	Redução dos incômodos e da poluição causados pelo canteiro de obras	
	Redução do consumo de recursos no canteiro de obras	
Energia	Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica	
	Redução do consumo de energia primária	
	Redução das emissões de poluentes na atmosfera	
Água	Redução do consumo de água potável	
	Gestão das águas pluviais no terreno	
	Gestão das águas servidas	
Resíduos	Otimização da valorização dos resíduos de uso e operação do edifício	
	Qualidade do sistema de gerenciamento dos resíduos de uso e operação do edifício	
Conservação e Manutenção	Otimizar a concepção dos sistemas do edifício para simplificar a conservação e a manutenção	
	Concepção do edifício para o acompanhamento e o controle dos consumos	
	Concepção do edifício para o acompanhamento e o controle do desempenho dos sistemas e das condições de conforto	
Conforto Higrotérmico	Implementação de medidas arquitetônicas para otimizar o conforto higrotérmico	
	Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de aquecimento	
	Criação de condições de conforto higrotérmico em ambientes que não dispõem de um sistema de resfriamento	
	Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de resfriamento	
Conforto Acústico	Criação de uma qualidade de meio acústico apropriada aos diferentes ambientes	
Conforto Visual	otimização da iluminação natural	
	Iluminação artificial confortável	
Conforto Olfativo	Controle das fontes de odores desagradáveis	
Qualidade dos Espaços	Redução da exposição magnética	
	Criação de condições de higiene específicas	
Qualidade do Ar	Garantia de uma ventilação eficaz	
	Controle das fontes de poluição internas	
Qualidade da Água	Qualidade da concepção da rede interna	
	Controle da temperatura na rede interna	
	Controle dos tratamentos	
	Qualidade da água nas áreas de banho	

Fonte: FCAV (2016)

ANEXO 2

Materials Assessment tool/method and data

Note: where 'M' is indicated against a section heading, at least one item must be indicated 'Y'.

Output Indicators available	Mandatory	Maximum	Included in LCA tool?
Embodied carbon (CO2e)	M	2	N
Embodied water OR waste processing		2	N
AND any two additional indicators		4	N
Sum:-		8	0
Points			

(M) Output Life stage(s) available (for all indicators selected)

Score:-	Maximum	Included in LCA tool?
Cradle to Gate total	2	N
Cradle to Gate total AND End of Life	4	N
Cradle to Grave total	6	N
Cradle to Grave total WITH operational energy (reported separately)	8	N
Cradle to grave with separate life stage reporting* to:-	12	N
a. Product stage		
b. Construction process stage		
c. Use stage (with operational energy reported separately)		
d. End of life		
Sum:-	12	0
Points		

*see guidance tab

(M) Assessment level(s). Life cycle impact comparisons possible (and made) at the:

Sum:-	Maximum	Included in LCA tool?
Elemental level*	4	N
Whole Building Level	4	N
Whole building level; with user product-level specification (e.g. thickness, service life) and reporting aligned to (the current version of) EN 15978	2	N
Sum:-	10	0
Points		

*see guidance tab

(M) Source LCA data quality - Geographic applicability and age Majority of individual materials/products in the tool are assessed:

Sum:-	Maximum	Included in LCA tool?
Using LCA data of unknown geographic applicability OR not compensated to local conditions	0	N
Using local LCA data or LCA data that has been compensated to a comprehensive range of regional differences*	5	N
Using data no older than 10 years (generic) or 5 years (manufacturer specific)	5	N
Sum:-	10	0
Points		

*see guidance tab

(M) Source LCA data quality - Methodologies/PCRs* Majority of individual materials/products in the tool:

Sum:-	Maximum	Included in LCA tool?
Are assessed using data of unknown methodology/PCR	0	N
Are each assessed to any publicly available methodology/PCR compliant with (the current version of) ISO 14040 & ISO 14044	4	N
Are each assessed to any publicly available AND peer reviewed methodology/PCR compliant with (the current version of) ISO 14040 & ISO 14044	4	N
Are each assessed to any publicly available AND peer reviewed methodology/PCR that is compliant with (the current version of): ISO 21930 (may be awarded 'Y' if EN 15804 is awarded 'Y')	4	N
EN 15804	4	N
Are all assessed to the same publicly available AND peer reviewed methodology/PCR that is compliant with ISO 21930 or EN 15804.	4	N
Sum:-	20	0
Points		

*see guidance tab

(M) Source LCA data quality - Verification* Majority of individual materials/products in the tool are assessed using:

Score:-	Maximum	Included in LCA tool?
LCA data/data of unknown level of verification	0	N
Verified/peer reviewed LCA data	6	N
Verified/peer reviewed LCA data AND majority of EPD used (manufacturer or trade association) are verified to ISO 14025, ISO 21930 or EN 15804	10	N
Sum:-	10	0
Points		

Total points 70 0

(M) Additional questions (not related to credit score)

Majority of LCA data used originates from (in order of use, provide data source name, provider/institution name, version/date)

1. Data source name, provider name, version/date
2. Data source name, provider name, version/date
3. Data source name, provider name, version/date

Majority of LCA data used includes/uses:

Sequestration (timber and biogenic products)	N
Discounting for future emissions (e.g. to adjust for future changes to energy supply (fuel mix, technology etc.))	N
Future allocation of emissions	N
System expansion	N
Where indicated above as cradle-to-grave, the study period used is (years)	enter period
Where indicated above as including operational energy (heating, cooling, power etc) the following quantities have been used (direct, kWh/year) :	
grid electricity	enter quantity
natural gas	enter quantity
coal	enter quantity
oil	enter quantity
other, please specify fuel type	enter quantity

Materials Assessment Scope

Note: where 'M' is indicated against a section heading, at least one item must be indicated 'Y'.

Building elements included

Fabric:-	Mandatory (if present)	Present in building?	Maximum	Included in assessment?
External walls (envelope, structure and finishes)	M	Y	2,00	N
External windows and rooflights	M	Y	2,00	N
Foundations (including excavation)		Y	2,00	N
Internal floor finishes (incl. access floors)	M	Y	2,00	N
Structural frame (vertical)		Y	2,00	N
Upper floors (including horizontal structure)	M	Y	2,00	N
Basements/retaining walls (including excavation)		Y	1,00	N
External solar shading devices, access structures etc.		Y	1,00	N
Ground/lowest floor		Y	1,00	N
Internal ceiling finishes (incl. suspended/access ceilings)		Y	1,00	N
Internal walls and partitions	M	Y	1,00	N
Roof (including coverings)	M	Y	1,00	N
Stairs and ramps		Y	1,00	N
Balustrades and handrails		Y	0,50	N
Internal doors		Y	0,50	N
Internal wall finishes		Y	0,50	N
Internal windows		Y	0,50	N
Building Services:-				
Heat Source, Space Heating, Air Conditioning, Ventilation		Y	2,00	N
Communication, Security and Control Systems		Y	1,00	N
Electrical installations		Y	1,00	N
Fire and Lightning Protection		Y	1,00	N
Lift and Conveyor Installations / Systems		Y	1,00	N
Water and waste installations		Y	1,00	N
Sanitary Installations		Y	0,50	N
Landscaping				
Hard Landscaping, Roads, Paths and Pavings		Y	1,00	N
Hard Landscaping, Fencing, Railings and Walls		Y	0,50	N

Note: As building-level data is gathered, element weightings will be refined.

Total Points 30,0 0,0

Percentage of Mat01 points achieved: **0,0%**

Select building type: **All others**

Credits achieved: **0**

Note: Not all mandatory issues have been met

Note: Please see guidance tab to confirm credits achieved when using BREEAM-NOR 2016 scheme