



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA
OBTENÇÃO DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Uma
Pequena Revisão Bibliográfica**

Caruaru

2022

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA
OBTENÇÃO DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Uma
Pequena Revisão Bibliográfica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Sustentabilidade
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gilson Lima da Silva

Caruaru

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a Deus, pois só foi possível chegar até aqui graças a ele.

Agradeço imensamente aos meus pais, Josefa Ferreira e Cicero Pedro, que mesmo vindo de origem humilde, sempre me incentivaram a lutar pelo que é justo e certo.

Ao companheirismo dos meus irmãos: Severino, Eliane, Elis e Maria do Carmo; aos meus cunhados; e a todos os meus sobrinhos, que contribuíram para tornar esta caminhada mais leve.

A todos os meus familiares, em especial aos meus avós, que infelizmente não se encontram mais neste plano, porém tenho certeza de que eles estão felizes com esta realização.

A todos os meus professores que desde cedo contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal, em especial ao professor Gilson que me orientou neste trabalho, a Simone e Andréa por terem aceitado fazer parte da banca avaliadora, a Floro e a Gustavo que foram de extrema importância durante a execução deste projeto.

À Universidade Federal de Pernambuco e a todos os meus amigos e colegas que conheci lá: Siméia, Thayse, Pedro, Mário, Vitor, Álvaro e tantos outros com quem dividi experiências durante esta jornada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das Etapas da Análise.....	15
Figura 2 - Fluxograma da Etapa Quantitativa	16
Figura 3 - Rede de Coautoria (autores)	17
Figura 4 - Rede de Coautoria por País	18
Figura 5 - Rede de Coautoria por País com Linha Temporal.....	19
Figura 6 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave.....	20
Figura 7 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave com Ênfase na LEED.....	21
Figura 8 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave com um Mínimo de 2 Ocorrências.....	21
Figura 9 - Rede de Citações	22

Utilização da análise do ciclo de vida como ferramenta para obtenção de certificação ambiental na construção civil: uma pequena revisão bibliográfica

Use of life cycle assessment as a tool for obtaining environmental certification in construction: a little bibliographic review

Lucas Ferreira da Silva¹

RESUMO

A construção civil e os impactos ambientais caminham lado a lado, sejam em aspectos positivos e/ou negativos. Algumas alternativas vêm sendo estudadas para a mitigação dos impactos negativos, entretanto, algumas delas são realizadas na fase prévia do empreendimento. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) pode ser utilizada de forma eficaz para quantificar os impactos ambientais, o consumo energético e as emissões de gases de efeito estufa relacionados em qualquer fase do processo construtivo.

O presente trabalho buscou encontrar, na literatura científica, estudos que demonstrem uma relação entre a ACV e alguns sistemas de Certificação Ambiental utilizados na construção civil.

Utilizou-se, inicialmente, a base de dados Scopus, onde pesquisou-se palavras-chave que apresentavam alguma relação com o tema estudado, tais como: “life cycle assessment” e “civil construction”. Posteriormente utilizou-se a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis), no intuito de refinar os artigos encontrados. Logo após, realizou-se uma análise quantitativa com auxílio do software VOSviewer, que foi o responsável por criar mapas que correlacionavam as palavras-chave, o tema, os autores e a nacionalidade das instituições responsáveis pelas publicações.

Os 35 artigos analisados foram publicados entre 2014 e 2022 e mostraram que autores de países desenvolvidos como Estados Unidos e Canadá são líderes em publicações. Foi possível observar também que as redes de coocorrência entre as palavras, apresentam uma conexão entre o uso de ACV e certificações ambientais, indicando que essa ferramenta pode ser utilizada no processo de certificação.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida. Construção Civil. Certificação Ambiental.

¹Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Email: lucas.fsilva@ufpe.br

ABSTRACT

Civil construction and environmental impacts go hand in hand, whether in positive and/or negative aspects. Some alternatives have been studied to mitigate the negative impacts, however, some of them are conducted in the previous phase of the project. Life Cycle Assessment (LCA) can be used effectively to quantify environmental impacts, energy consumption and related greenhouse gas emissions at any stage of the construction process.

The present work sought to find, in the scientific literature, studies that demonstrate a relationship between LCA and some Environmental Certification systems used in civil construction.

Initially, the Scopus database was used, where keywords that were related to the subject studied were searched, such as: “life cycle assessment” and “civil construction”. Subsequently, the PRISMA methodology (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis) was used, in order to refine the articles found. Soon after, a quantitative analysis was conducted with the aid of the VOSviewer software, which was responsible for creating maps that correlated the keywords, the theme, the authors, and the nationality of the institutions responsible for the publications.

The thirty-five articles analyzed were published between 2014 and 2022 and showed that authors from developed countries such as the United States and Canada are leaders in publications. It was also possible to observe that the co-occurrence networks between the words, present a connection between the use of LCA and environmental certifications, indicating that this tool can be used in the certification process.

Keywords: Life Cycle Assessment. Construction. Environmental Certification.

DATA DE APROVAÇÃO: 25 de maio de 2022.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial já havia dobrado e a economia crescido aproximadamente 16 vezes, cerca de 50 anos após o fim da Segunda Guerra Mundial, tendo mais da metade da população mundial vivendo em áreas urbanas, com elas ocupando somente cerca de 2% da superfície do planeta (STEFFEN, CRUTZEN & MCNEILL, 2007).

O aumento da urbanização e as mudanças atreladas as novas formas de consumo, contribuem para o acréscimo desenfreado da utilização de recursos, produção de resíduos e da poluição (MARTINS DA SILVA & ARBILLA, 2018).

A sustentabilidade no setor da construção civil, segundo Roque & Pierri (2019), deve ser aplicada desde a concepção do projeto e representa um conjunto de ações que consistem em reduzir o desperdício de materiais, custos e insumos; uso consciente de recursos naturais em obras de engenharia, além de promover o desenvolvimento econômico, regional e social. Os autores afirmam ainda que ter uma produção sustentável auxilia a empresa a se destacar no mercado cada vez mais exigente e competitivo.

No Brasil, um dos setores da indústria que mais influenciam o cálculo do Produto Interno Bruto (PIB), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), é o da construção civil. O crescimento populacional está diretamente ligado a necessidade de habitação, que contribui para o aumento da quantidade de obras comerciais, de infraestrutura e edificações. No entanto, observa-se que este setor é responsável por gerar uma quantidade considerável de impactos ambientais (GOLDEMBERG, AGOPYAN & JOHN, 2011). Como exemplo, tem-se a indústria do cimento, que foi responsável por cerca de 7% das emissões totais de CO₂ no mundo, segundo o relatório anual de 2019, realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC).

Uma ferramenta que vem sendo bastante utilizada para se avaliar aspectos ambientais e os impactos causados por determinado processo e/ou produto é a Análise do Ciclo de Vida (ACV), do inglês Life Cycle Assessment (LCA). Segundo a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014) uma das características desta ferramenta é a possibilidade de analisar todas as etapas de produção, desde a extração da matéria prima até a sua disposição final (from the cradle to the grave, em português, do berço ao túmulo).

No intuito de diminuir os impactos ambientais negativos da construção civil ao meio ambiente e visando oferecer uma melhor experiência ao consumidor final, diversas entidades criaram formas de avaliar tais impactos, com auxílio de sistemas de Certificação Ambiental para Edificações. Tais sistemas têm o objetivo de bonificar e distinguir as construções que levam em consideração e tentam diminuir os possíveis impactos gerados na obra (HE et al., 2018).

Tendo em vista a escassez de estudos que apontem a utilização da ACV para auxiliar as empresas e organizações que buscam a certificação ambiental no Brasil, este trabalho visa identificar, na literatura científica, lacunas de pesquisa e tendências futuras que contribuam para o melhor uso desta ferramenta.

1.1 Referencial Teórico

1.1.1 Impactos Ambientais e Construção Civil

A Resolução CONAMA 001/86 estabelece que:

Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais. (RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, 1986, p.1)

Por outro lado, a Norma NBR ISO 14001 define, no item 3.2.4, que o impacto ambiental seria qualquer modificação no meio ambiente, podendo ela ser adversa ou benéfica, tendo como resultado produtos ou serviços de uma organização (ABNT, 2015).

Rubira (2016) mostra que os impactos podem ser maléficos, quando modificam de forma negativa o meio físico biótico ou benéficos, quando geram alterações positivas para o meio. O autor cita como exemplo de um impacto positivo uma obra de contenção de uma voçoroca, que é uma erosão em larga escala causada por fatores diversos.

Uma das áreas que mais geram impacto ambiental positivo e/ou negativo é a da construção civil, pois afeta significativamente o ambiente, a economia e a sociedade. Mundialmente estima-se que o setor consome cerca de 40% da produção total de energia, de 12% a 16% da água disponível, 32% de recursos não renováveis e renováveis, 25% de madeira, 40% de todas as matérias-primas e entre 30% e 40% de todos os resíduos sólidos (DARKO *et al.*, 2017, SON *et al.*, 2011).

A construção civil é um dos setores da economia e que mais movimenta capital no mundo inteiro, somente no Brasil tal indústria chegou a gerar cerca de 288 bilhões de reais em valor de incorporações, obras e/ou serviços da construção, como aponta a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) realizada pelo IBGE, no ano de 2019.

A Agência Internacional de Energia (IEA) afirma que mundialmente a área construída em edifícios teve um acréscimo de aproximadamente 65%, no período que vai de 2000 até 2020, atingindo cerca de 245 bilhões de m² de área construída.

A IEA informou ainda que aproximadamente dois terços dos países não apresentaram códigos de energia de construção obrigatórios no ano de 2020, sendo assim, pode-se dizer que cerca de 3,5 bilhões de m² foram construídos sem os requisitos obrigatórios de desempenho relacionados à energia. No Brasil, dados levantados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), por meio do Balanço Energético Nacional de 2021, apontaram que somente na indústria do cimento foram consumidas cerca de 6,152 GWh de energia no ano de 2020.

A indústria do cimento, em 2019, foi responsável pela emissão de aproximadamente 635 kg de CO₂ para cada tonelada de cimento produzido no mundo, no Brasil a média de CO₂ emitida foi de 564 kg para cada tonelada de cimento, tais dados foram retirados do relatório anual de 2020, realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC)

As informações supracitadas demonstram como o setor da construção civil é capaz de causar impactos ambientais em grande escala. Conceição & Santos (2021), afirmam que a construção civil traz consequências prejudiciais ao meio ambiente, pois contribui para o esgotamento dos recursos naturais, eleva a produção de resíduos durante toda vida útil da edificação, aumenta a poluição do ar e modifica o uso do solo e o consumo da água.

1.1.2 Sustentabilidade

A primeira vez que se falou sobre sustentabilidade foi em 1987, através do termo “desenvolvimento sustentável”, onde, segundo o Relatório Brundtland, lançado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, definiu-se o desenvolvimento sustentável como sendo:

[...] um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro a fim de atender às necessidades e aspirações humanas. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p. 49).

Kato (2008) afirma que, por se tratar de uma questão complexa e repleta de abordagens, existe um consenso entre os pesquisadores sobre como analisar de forma abrangente tal conceito.

Quando se busca vincular a sustentabilidade com as necessidades sociais o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV – CES, 2008, p.1) afirma que:

Esta necessidade deriva da percepção de que sociedade não mais aceita que externalidades negativas sejam lançadas sobre ela impunemente. Este cenário mais complexo aponta para a inevitabilidade da integração de princípios de

sustentabilidade na espinha dorsal das estratégias de negócio das companhias (FGVCEs, 2008, p.1).

De acordo com (DONATO, 2008 apud ONU, 1991) pode-se afirmar que o termo sustentabilidade consiste no ato de atender as demandas das sociedades atuais sem comprometer o bem-estar das próximas gerações.

Com a disseminação do termo sustentabilidade, surgiu, segundo Barbosa (2007) o conceito de Triple Bottom Line (TBL), também conhecido como Tripé da Sustentabilidade, que elenca três passos fundamentais para o desenvolvimento sustentável, que são: a preservação ambiental, a igualdade social e crescimento econômico.

1.1.3 Construções Sustentáveis

Após a Crise do Petróleo que ocorreu na década de 1970, diversos países passaram a buscar alternativas que diminuíssem o impacto causado pelo racionamento de combustível, ocasionado por uma série de embargos propostos pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC). Onde até o setor da construção civil passou por mudanças, sofrendo alterações na forma de projetar e construir as edificações, que pretendiam ser mais estanques e sustentáveis. (YUDELSON, 2013).

Desde a década de 70, busca-se uma definição para Construções Sustentáveis (Construções Verdes), Kibert (2016), define edifícios verdes como sendo ambientes que proporcionam, aos usuários, espaços saudáveis e eficientes, com arquitetura voltada para o meio natural, economizando os recursos o máximo possível.

O Ministério do Meio Ambiente (2022) mostra que a Agenda 21, definiu a construção sustentável como: "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica".

Em resumo, Kfourri (2018) pontua que as Construções Sustentáveis devem utilizar seus recursos de forma eficaz, sempre se adaptando às necessidades dos usuários, e apresentando longevidade nas estruturas e materiais que a compõem, além de diminuir a produção de resíduos em todo o seu ciclo de vida.

As edificações sustentáveis do século XXI fazem sentido como máquinas, aparelhos e elementos de desenhos eficientes, sendo invenções de alto desempenho em termos de consumo de energia e qualidade do ar interno, como aponta Yudelson, (2013). Com isso, pode-se dizer que construções sustentáveis precisam estar alinhadas com as certificações ambientais e/ou a

avaliação do ciclo de vida, para que consigam cumprir com o que propõem.

1.1.4 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Para que uma construção seja considerada sustentável é preciso, desde a concepção do projeto, compreender e mensurar os impactos que cada etapa do processo acarretará. Segundo Kfoury (2018) um método que vem sendo bastante utilizado no intuito de obter dados que contribuam para o diagnóstico de possíveis impactos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV Brasil (2022) afirma que a Avaliação do Ciclo de Vida pode ser utilizada com intuítos diferentes, como: na busca por desenvolvimento e melhoria de produtos; na definição de estratégias e políticas públicas; para encontrar Indicadores de Sustentabilidade; no marketing ecológico responsável e na gestão de impactos ambientais de produtos e serviços.

A vantagem de se utilizar este método é que tal avaliação não dependerá da conclusão da construção para ser posta em prática, podendo ser utilizada já no início dos processos, visando a previsão do desempenho das estratégias sustentáveis como sugere Couto (2014).

No início dos anos 2000 o Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental da Associação Brasileira de Normas Técnicas deu início ao processo de tradução da série de normas NBR ISO 14040.

Tal norma define a ACV como sendo:

Uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;

- a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas;

- a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos.

A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009, p. 2).

As normas que regem o uso da ACV são a NBR ISO 14040 (Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura) e a NBR ISO 14044 (Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações).

Kfoury (2018) afirma que independente das diferenças presentes em cada definição de ACV,

seu foco principal será o de entender e quantificar os impactos causados pelo processo, e logo após desenvolver produtos mais sustentáveis.

1.1.5 Certificações Ambientais

A ACV também pode ser utilizada quando se quer obter determinadas Certificações Ambientais, existe uma diversa gama de instituições que criaram seus próprios selos ambientais para a construção.

De acordo com Udawatta *et al.* (2015) as certificações ambientais são ferramentas de análise que podem vir a ter um cunho comercial. Já que a forma mais eficiente de comprovar a sustentabilidade dos produtos e/ou serviços é através de certificados ambientais. He *et al.*, (2018) afirmam que esse direcionamento também é notado na construção civil.

Os certificados ambientais na construção civil podem ser um aliado na comprovação quanto a sustentabilidade da edificação, além de contribuir para a procura por construções que produzam cada vez menos danos ao meio ambiente (KFOURI, 2018).

Alguns países pioneiros no uso e aplicação da certificação ambiental foram os EUA e o Canadá como uma estratégia a impulsionar os padrões ambientais na Indústria da Construção Civil (ZUTSHI & CREED, 2015). Segundo Udawatta *et al.* (2015), a adesão de sistemas de certificações ambientais tornou-se recorrente em vários países, como EUA, Canadá, Austrália, Japão, França e Brasil.

Há muitas certificações ambientais que podem atender a diferentes necessidades e usos específicos, Lima (2018) pontua a existência de algumas certificações, como: o BREEAM, o LEED, o CASBEE, o HQE, o DGNB, o AQUA e o Selo CASA Azul. No entanto, para o presente trabalho considerou-se apenas as certificações: BREEAM, LEED e AQUA.

1.1.5.1 BREEAM

O BREEAM (Building Establishment Environmental Assessment Method), foi criado na Inglaterra em 1990, e pode ser considerado o primeiro sistema de avaliação de desempenho ambiental de edifícios sustentáveis no mundo, seu processo de certificação é licenciado pelo BRE Quality Assurance (BALDWIN *et al.*, 1998).

No intuito de padronizar o sistema, criou-se um referencial que pudesse ser aplicado em países com características distintas do seu país de origem. Esse referencial pode ser aplicado em diferentes tipos de empreendimentos, abrangendo inúmeros tipos de edificação, sejam novas

ou já existentes. Atualmente conta com cerca de 562.900 certificados emitidos e está presente em cerca de 76 países (BRE, 2022).

Cardoso (2015), afirma que o BREEAM avalia o desempenho ambiental da edificação através de categorias, divididas por critérios de sustentabilidade. Onde, posteriormente são definidas subcategorias, nas quais são creditadas e pontuadas de acordo com a sua importância e desempenho ambiental. Tais categorias precisam alcançar determinados requisitos, que por sua vez possuem pesos de acordo com sua relevância, recebendo uma ponderação na conclusão da obra.

Kfoury (2018), mostra que a pontuação final obtida em cada categoria deverá ser multiplicada por um fator de peso ambiental, tendo como resultado um único valor. Tal procedimento deverá ser realizado por consultores, que classificarão as construções com os seguintes níveis:

- 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

Somente auditores do Sistema BREEAM podem comprovar se a edificação cumpre todos os requisitos necessários, com o aval deles a edificação poderá receber o selo (BRE, 2022).

1.1.5.2 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)

Esse sistema de certificação foi desenvolvido em 1998, nos Estados Unidos pela organização USGBC (United States Green Building Council). O LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) rompeu as fronteiras do país de origem, e tornou-se uma das certificações mais influentes da atualidade (CARDOSO, 2015).

Há, assim como o BREEAM, um referencial padrão utilizado pelos países que buscam essa certificação. No Brasil já se utiliza essa certificação desde 2007, somando um total de 748 edificações certificadas (GBC Brasil, 2021).

Um projeto poderá ganhar pontos e receber esse selo através da adesão de pré-requisitos e créditos pontuados que abordem alguns temas, como: o uso de água e energia, a deposição dos resíduos, entre outros. Os créditos são conquistados por meio das alternativas construtivas escolhidas. A pontuação máxima é de 120 pontos, podendo ter 4 níveis de classificação, que serão atingidos através da pontuação obtida (CARDOSO, 2015; GBC Brasil, 2021):

A escala de classificação é:

- Certificado – [40-49] pontos
- Silver – [50-59] pontos
- Gold – [60-79] pontos
- Platinum – +80 pontos

De acordo com Kfoury (2018) A Avaliação do Ciclo de Vida está presente em alguns créditos específicos inseridos em determinadas categorias responsáveis por tratar exclusivamente do assunto.

1.1.5.3 AQUA (Alta Qualidade Ambiental)

O sistema AQUA (Alta Qualidade Ambiental) passou a ser utilizado a partir de 2008, no Brasil, baseado no sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale). A responsável pela implementação do sistema AQUA no Brasil foi a Fundação Vanzolini.

Este processo pode englobar os mais distintos tipos de empreendimento, a Fundação Vanzolini (2021), afirma que este selo teve referenciais técnicos criados levando em conta as características locais, como cultura, clima, normas técnicas e regulamentações vigentes no país.

Para a obtenção deste selo, a construção deverá ser avaliada em certas categorias de desempenho ambiental, onde cada categoria, quando atingida, será classificada em:

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

Kfoury (2018) afirma que o processo de certificação deverá ser aplicado em todas as fases do empreendimento, onde ele ganhará o selo quando cada categoria conquistar a classificação mínima.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão bibliográfica na literatura científica, no intuito de entender como os pesquisadores e instituições educacionais estudam as ferramentas de Análise do Ciclo de Vida no processo de certificação ambiental.

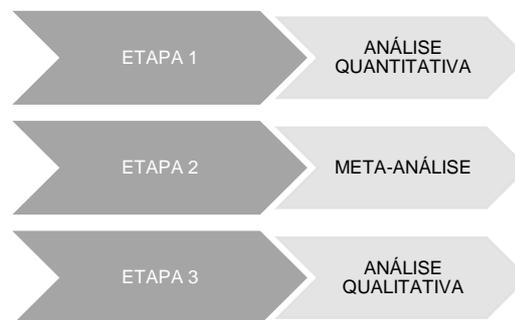
1.2.2 Objetivos Específicos

- Buscar nas plataformas estudos que correlacionem termos referentes ao tema do trabalho, como: ACV e certificação ambiental;
- Encontrar, com o auxílio de softwares a nacionalidade de instituições pioneiras e que mais estudam sobre o tema;
- Criar uma rede de coautoria, visando analisar a forma como instituições e pesquisadores se relacionam;

2 METODOLOGIA

Para a realização da revisão bibliográfica se fez necessário dividir a análise em três etapas distintas: 1 – análise quantitativa, 2 – meta-análise e 3 – análise qualitativa, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma das Etapas da Análise



Fonte: O Autor (2022)

Na Etapa 1, ou análise quantitativa, as publicações foram pesquisadas na base de dados Scopus, que apresenta uma elevada abrangência científica e é considerado o maior banco de dados de resumos e citações da literatura. Visando encontrar os artigos específicos relacionados ao tema do trabalho, utilizou-se a metodologia PRISMA (MOHER *et al.*, 2010), metodologia esta que se divide em quatro fases, como mostra o fluxograma presente na Figura 2.

A primeira fase constituiu a identificação, onde pesquisou-se as palavras-chave: “Life Cycle Assessment”, “LCA”, “Life Cycle Analysis”, “Civil Construction”, “Construction”, “LEED”, “BREEAM”, “AQUA”. Obedecendo a seguinte disposição das palavras na aba de pesquisa: “TITLE-ABS-KEY ("life cycle assessment" OR lca OR "life cycle analysis") AND TITLE-

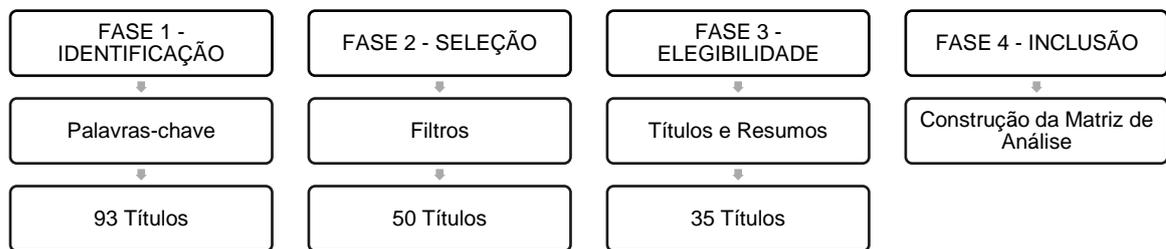
ABS-KEY ("civil construction" OR construction) AND TITLE-ABS-KEY (LEED OR BREEAM OR AQUA) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English"))". A primeira fase resultou em 93 itens que poderiam estar relacionados ao tema.

Na segunda fase, pensando em refinar a qualidade dos itens encontrados, alguns filtros foram aplicados, na aba “tipo de documento” apenas a opção “artigos” foi selecionada e só artigos em inglês foram aceitos, após aplicar tais critérios de exclusão restaram 50 documentos.

Na fase três, o título e os resumos dos artigos foram lidos no intuito de excluir os documentos que não tinham relação direta com o assunto pesquisado. Após esta análise restaram apenas 35 artigos.

Para a fase quatro, com a redução do número de artigos, tornou-se mais fácil ler todos eles na íntegra e excluir algum que ainda fugisse do tema, no entanto, todos os 35 restantes estavam de acordo com a pesquisa e por fim estavam prontos para a matriz de análise.

Figura 2 - Fluxograma da Etapa Quantitativa



Fonte: O Autor (2022)

Na Etapa 2, ocorreu a meta-análise, onde uma série de informações relacionadas aos artigos estavam agrupados em uma tabela. Todos os 35 títulos apresentaram dados importantes, como o nome dos autores, o resumo, o ano de publicação, o país de origem, entre outros. Estas informações foram analisadas com auxílio do software VOSviewer, que foi capaz de elaborar mapas tendo os dados da rede como base.

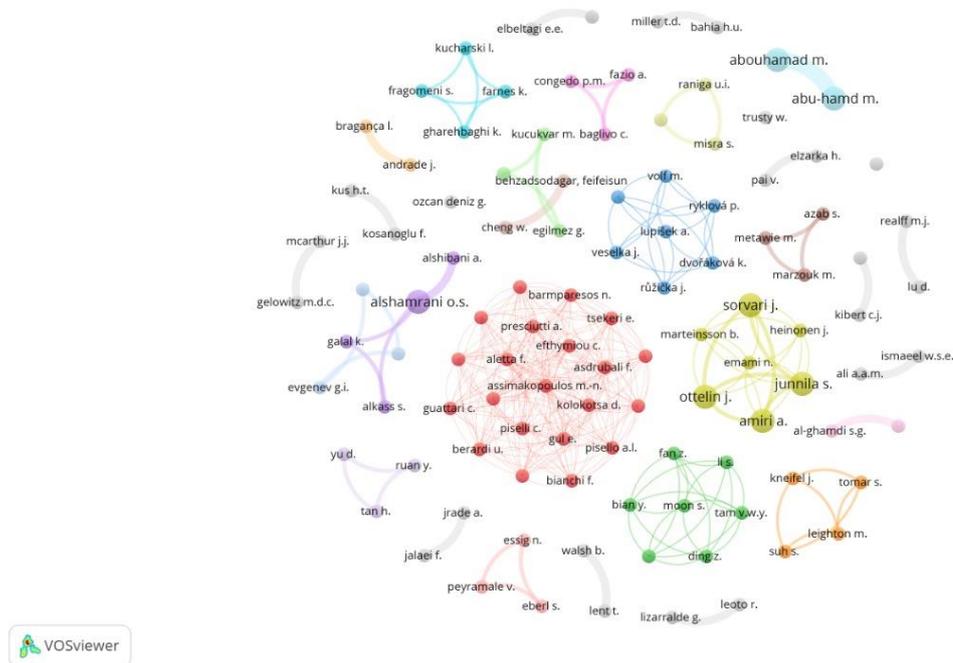
A análise qualitativa, ou Etapa 3, foi realizada através do mesmo software, onde as redes bibliométricas apresentam círculos que definem o impacto do item na análise a depender do seu tamanho e arcos que representam a relação entre itens interligados. Com isso, redes com base na coautoria, em citações e na coocorrência foram elaboradas a fim de mapear os autores; seus países e as possíveis conexões entre eles; artigos; periódicos; palavras-chave; entre outros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com auxílio da rede de coautoria é possível analisar como pesquisadores, países e instituições educacionais se relacionam de acordo com a quantidade de estudos que realizam e publicam em conjunto (VAN ECK & WALTMAN, 2010).

Os dados exportados do software VOSviewer, mostram na Figura 3 a rede de coautores que tem um total de 108 autores, dos quais 21 não apresentam nenhuma conexão entre os demais. A concentração de círculos vermelhos localizado próximo ao centro da imagem representa possivelmente um grupo de pesquisa com colaboradores diferentes que estão sempre escrevendo sobre temas relacionados. Uma situação peculiar ocorreu, pois, um mesmo autor teve seu nome escrito de duas formas diferentes, fazendo com que sua linha de conexão apresentasse uma espessura muito grande, tal fato se deu pois o software não conseguiu identificar que a escrita diferente se tratava do nome do mesmo autor.

Figura 3 - Rede de Coautoria (autores)

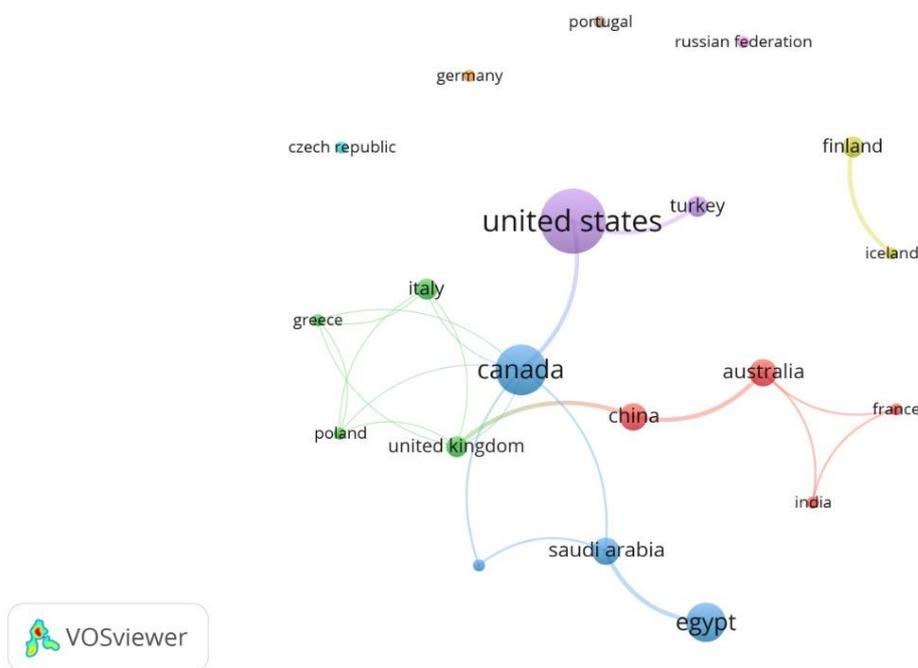


Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

Mais uma vez a análise de coautoria foi realizada, no entanto, desta vez houve um enfoque maior nos países aos quais as instituições dos autores fazem parte. Os círculos coloridos presentes na Figura 4 representam a quantidade de documentos publicados em instituições

daquele país, há uma relação diretamente proporcional que diz que quão maior o diâmetro do círculo maior é a quantidade de artigos publicados naquele país. Já as linhas que conectam os círculos indicam que houve alguma cooperação entre as instituições de países diferentes, a relação diretamente proporcional também vale para as linhas, pois quão maior é sua espessura maior será a quantidade de colaborações entre os países. Com isso, pode-se dizer que os Estados Unidos da América apresentam um elevado número de publicações relacionados ao tema, no entanto o Canadá é líder na quantidade de citações, apresentando cerca de 234.

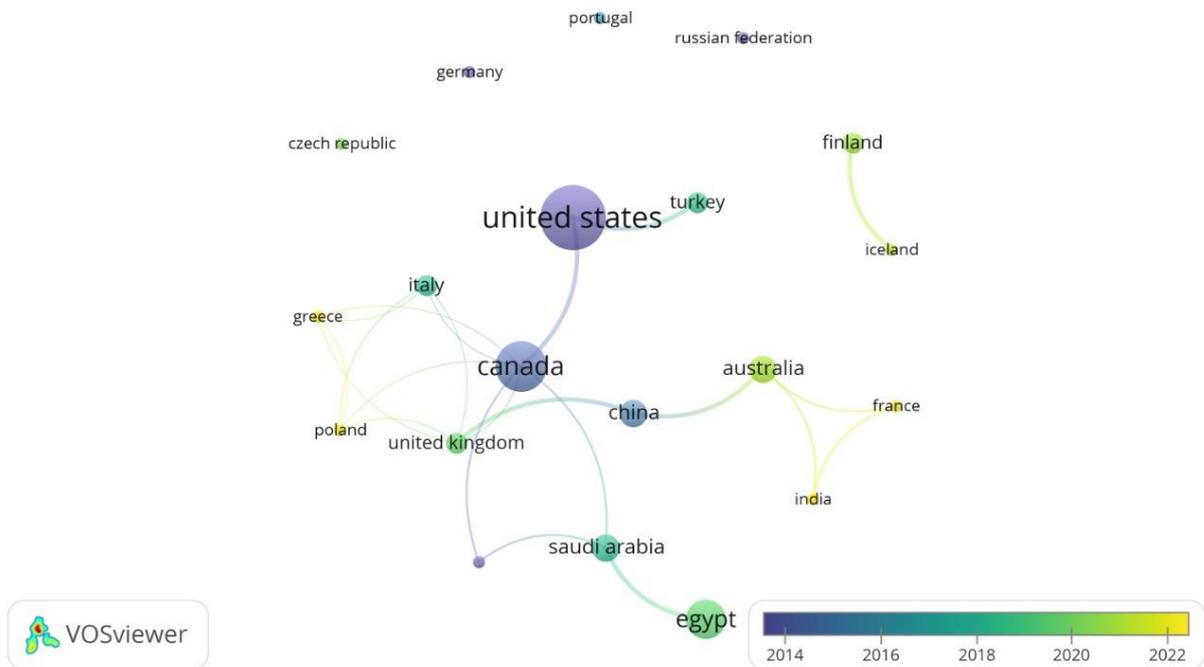
Figura 4 - Rede de Coautoria por País



Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

A Figura 5 é praticamente igual a Figura 4, no entanto aquela apresenta uma linha temporal que mostra os Estados Unidos já estudando a relação entre a ACV e as certificações ambientais em 2014. Já países como Grécia, Índia e França só começaram a estudar tal relação há cerca de um ano.

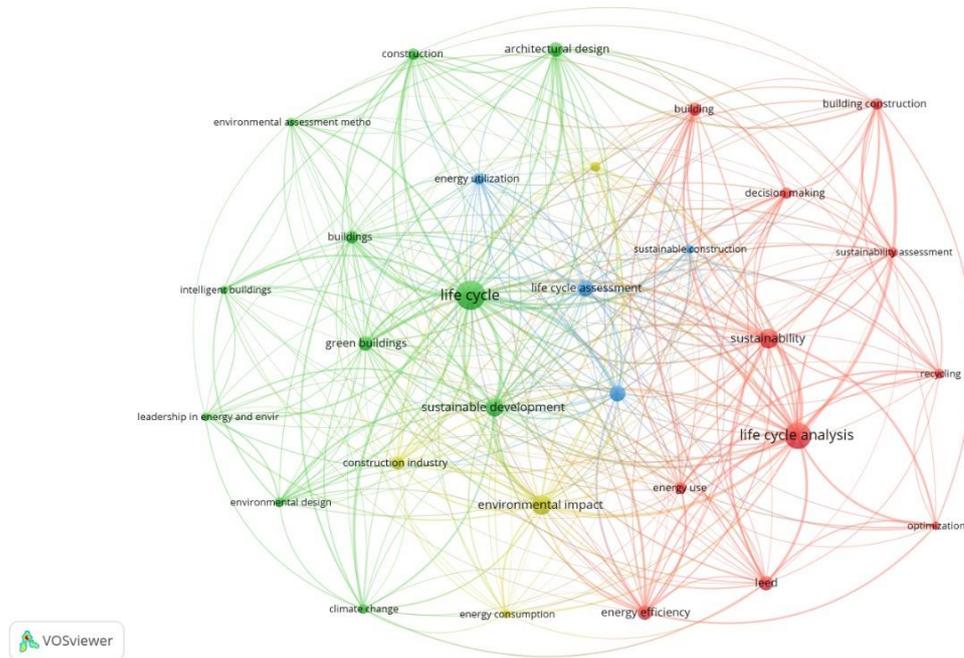
Figura 5 - Rede de Coautoria por País com Linha Temporal



Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

Analisando a rede de coocorrência das palavras-chave encontrou-se um total de 432 palavras-chave, para facilitar o entendimento da rede, especificou-se um número mínimo de 4 ocorrências. Com isso a rede foi formada com apenas trinta círculos, como mostra a Figura 6.

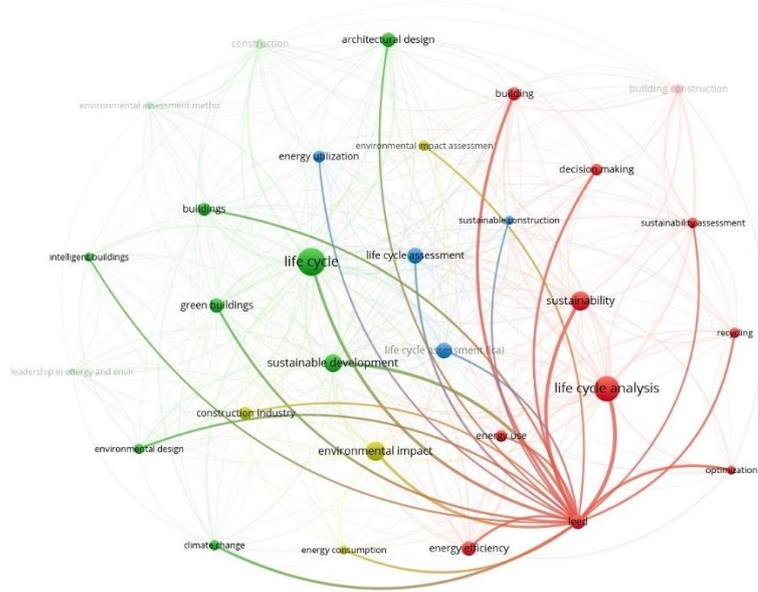
É possível observar que o termo AQUA não está presente na rede de coocorrência da Figura 6, é provável que isso se dê devido ao fato desta certificação ser brasileira, e como foi observado na Figura 4 o Brasil não está presente na rede de coautoria por país, fato este que justificaria a ausência desta palavra-chave na rede abaixo.

Figura 6 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave

Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

A Figura 7 é semelhante a Figura 6, no entanto tem-se um destaque para a palavra-chave da certificação ambiental LEED, a partir deste detalhe é possível observar que esta certificação está bastante conectada com os outros termos, inclusive com o Life Cycle Assessment, isso mostra o quão importante é esta conexão, já que grande parte dos autores mostraram que a ACV é fundamental para a obtenção da certificação ambiental.

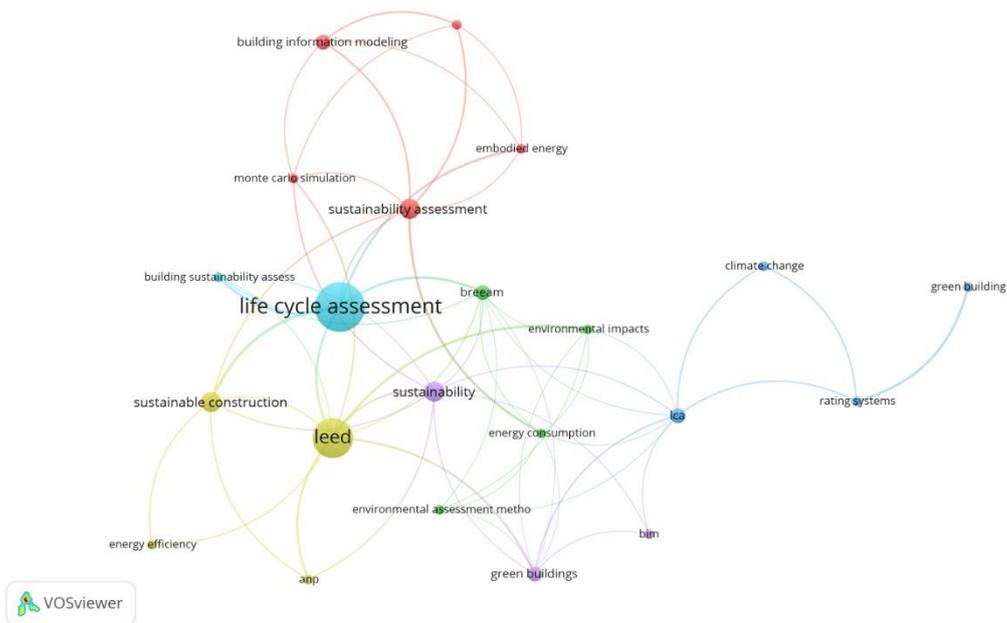
Figura 7 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave com Ênfase na LEED



Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

Para a Figura 8 usou-se um mínimo de ocorrências equivalente a 2, resultando em uma rede com apenas 23 círculos, evidenciando ainda mais a conexão entre os termos Life Cycle Assessment, LEED e BREEAM.

Figura 8 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave com um Mínimo de 2 Ocorrências

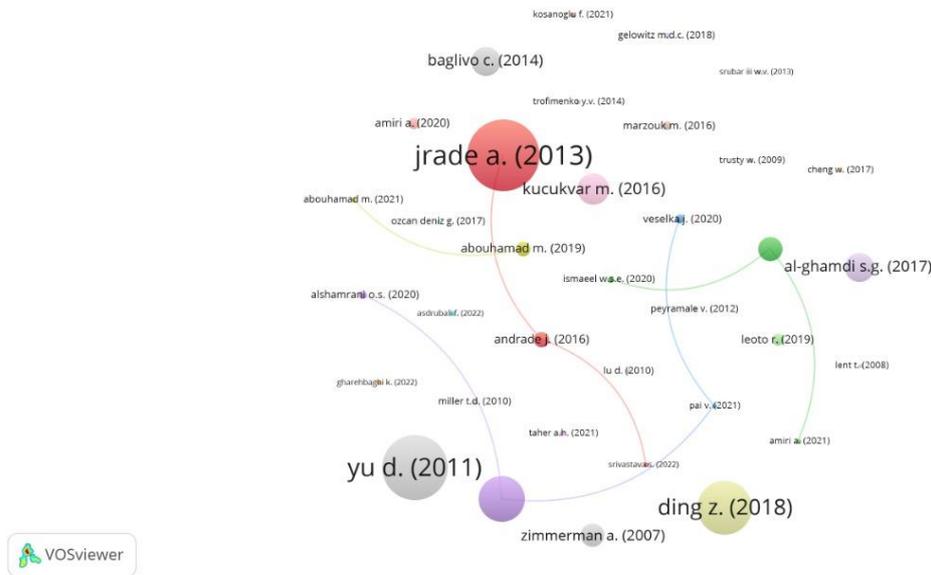


Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

Por último tem-se a rede de citações mostrada na Figura 9, como já visto anteriormente, o

diâmetro do círculo representa a quantidade de citações que o documento recebeu, e as linhas representam as ocorrências de citações, é possível observar que os trabalhos de JRADE A. (2013), YU D. (2011) e DING Z. (2018) foram bastante citados.

Figura 9 - Rede de Citações



Fonte: O Autor/ VOSviewer (2022)

4 CONCLUSÕES

A revisão sistemática com análise bibliométrica foi bastante útil para auxiliar no entendimento da relação existente entre a Avaliação do Ciclo de Vida e algumas certificações ambientais. Durante o estudo foi possível observar que há uma grande ligação entre os dois temas.

Observou-se, através da análise bibliométrica, que é possível definir o rumo de determinadas pesquisas, pois com ela consegue-se identificar temas pouco explorados, fortalecendo a percepção de determinadas conexões entre os temas.

Diante da situação precária em que o planeta se encontra, com consumo elevado de recursos não renováveis, altos níveis de poluição, destruição da fauna e flora de diversas regiões, é preciso tomar decisões que busquem reduzir estes danos, principalmente na área da construção civil tendo em vista sua elevada parcela de contribuição nos impactos ambientais em todo o mundo. Uma alternativa é a elaboração de estudos que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável e em equilíbrio com as atuais necessidades ambientais.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros é bastante relevante pensar em maneiras de estreitar a relação entre a Avaliação do Ciclo de Vida e as certificações ambientais visando uma indústria de construção civil menos danosa para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ADMINISTRADOR CGTI. **Construção Sustentável**. Mma.gov.br, 14 May. 2012. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Ministério das Relações Exteriores, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/desenvolvimento-sustentavel/agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 6 maio 2022.
- ALEXANDER, R.; ALEXANDRE COAN PIERRI. **Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil**. Research, Society and Development, 2019. v. 8, n. 2, p. 01-18. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5606/560662193035/movil/>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- AQUA-HQETM - Portal Vanzolini**. Portal Vanzolini - Vanzolini, 16 mar. 2021. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/produto/aqua-hqe/>>. Acesso em: 24 dez. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro. 2015.
- Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**. Acvbrasil.com.br, 2017. Disponível em: <<https://acvbrasil.com.br/consultorias/avaliacao-do-ciclo-de-vida-acv>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL BRAZILIAN ENERGY BALANCE**. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. [S.l: s.n., s.d.]. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N.; RAO, S. **BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings**. BRE Report. Garston, CRC. 1998.
- BARBOSA JÚNIOR, A. F.; MORAIS, R. M.; EMERENCIANO, S. V.; PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. **Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil**. Revista Ibero-Americana de Estratégia, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008.
- BARBOSA, P. R. A. **Índice de sustentabilidade empresarial da bolsa de valores de São Paulo (ISE-BOVESPA): exame da adequação como referência para aperfeiçoamento da gestão sustentável das empresas e para formação de carteiras de investimento orientadas por princípios de sustentabilidade corporativa**. 2007. Dissertação (Mestrado

em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPPEAD de Administração, 2007.

BREEAM - BRE Group. **BRE Group - Building a better world together**, 23 fev. 2022. Disponível em: <<https://bregroup.com/products/breem/>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

BUILDING ENVELOPES – ANALYSIS - IEA. Building Envelopes – Analysis - IEA. IEA, 2021. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/building-envelopes>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

CALVI, Luiz Filipe Hermes. **Sustentabilidade na Construção Civil: Estudo de Caso em uma Organização Não Governamental**. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2018.

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

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONCEIÇÃO, J. F. Da; SANTOS, M. P. Dos. Construção Sustentável. **Engenharia na prática: construção e inovação** vol.3, 2021. p. 426–458. Disponível em: <<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/194>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 1986. **Resolução CONAMA nº 001/1986** - Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, Brasil.

COUTO, A. C. (2014). **Integração da análise ciclo de vida nas práticas de projeto de edifícios, aplicação a um caso prático**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2014.

DARKO, A. *et al.* **Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts**. Journal of Cleaner Production, Mar. 2017. v. 145, p. 386–394. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617300501>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

DE, M. *et al.* **Considerações teóricas sobre o conceito de Sustentabilidade**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/31_cons%20teor%20bacha.pdf>.

DOAN, D. *et al.* **A critical comparison of green building rating systems**. ResearchGate, jul. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318302908_A_critical_comparison_of_green_building_rating_systems>. Acesso em: 26 dez. 2021.

DONATO, V. **Logística verde**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 256 p.

ECK, N. J. VAN; WALTMAN, L. **Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer**. *Scientometrics*, 27 fev. 2017. v. 111, n. 2, p. 1053–1070. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-017-2300-7>>. Acesso em: 7 maio 2022.

GOLDEMBERG, José; AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

GOMES, Carla Pinheiro et al. **Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Construção Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura** / Environmental Impact and Solid Waste Management Arising from Civil Construction in Brazil: A Literature Review. ID on line. *Revista de psicologia*, [S.l.], v. 15, n. 55, p. 729-742, maio 2021. ISSN 1981-1179. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/3108/4845>>. Acesso em: 17 abr. 2022. doi:<https://doi.org/10.14295/idonline.v15i55.3108>.

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

KATO, C. A. **Arquitetura e sustentabilidade: projetar com ciência da energia**. Dissertação de mestrado. Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2008.

KFOURI, Ana Julia Campos. **Avaliação do ciclo de vida e as certificações ambientais para edifícios no Brasil**, Curitiba, 2018. Monografia (Especialista em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Documento eletrônico. Disponível em: <<https://l1library.org/document/zwk3wx7z-avaliacao-ciclo-vida-certificacoes-ambientais-para-edificios-brasil.html>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

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

LIMA, LÍVIA MELO DE. **A prática do desenvolvimento sustentável por meio das certificações ambientais: uma proposta metodológica para certificação ambiental urbana** Recife, 2018. Tese (Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

LUCAS, M.; JANIS ELISA RUPPENTHAL. **CERTIFICAÇÃO LEED: O INCREMENTO DA INOVAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO EM RELAÇÃO A SUSTENTABILIDADE**. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 2020. v. 12, n. 23, p. 17–31. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/v12n2203>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

MARTINS DA SILVA, C.; ARBILLA, G. **Urbanization and the Challenges in the Characterization of Air Quality**. *Revista Virtual de Química*, 2018. v. 10, n. 6, p. 1898–1914. Acesso em: 17 abr. 2022.

MOHER, D. et al. **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement**. *International Journal of Surgery*, 2010. v. 8, n. 5, p. 336–341. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1743919110000403?token=84C0F>>

B161DEE7949292DCEB67CABB617384C1FD18471FBBDDAEEB26407980AA7B561DEF1CECA3C50EAA0B67F1C4B0C86&originRegion=us-east 1&originCreation=20220508202248>. Acesso em: 8 maio 2022.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas em Brasil, 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

RUBIRA, Felipe Gomes. **Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental**, Belo Horizonte, 2016. Caderno de Geografia, vol. 26, núm. 45, 2016, pp. 134-150 - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO **2019 RELATÓRIO ANUAL ANNUAL REPORT**. [S.l: s.n., s.d.]. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2021.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO **2020 RELATÓRIO ANUAL ANNUAL REPORT**. [S.l: s.n., s.d.]. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2021.

Son, H., Kim, C., Chong, W. K., & Chou, J. S. (2011). **Implementing sustainable development in the construction industry: constructors' perspectives in the US and Korea.** *Sustainable Development*, 19(5), 337-347.

STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. J.; MCNEILL, J. R. **The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature.** *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, dez. 2007. v. 36, n. 8, p. 614–621.

Sustentabilidade na construção civil: eficiência energética como diferencial. Sienge, 8 Mar. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/sustentabilidade-na-construcao-civil-eficiencia-energetica-como-diferencial-para-construtoras/>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

UDAWATTA, N.; ZUO, J.; CHIVERALLS, K.; ZILLANTE, G. **Improving waste management in construction projects: an Australian study.** *Resources, Conservation and Recycling*, v. 101, p.73-83, 2015.

RAMOS ARAGÃO JÚNIOR W., ITALCY DE OLIVEIRA JÚNIOR A. **Internet das coisas na gestão de resíduos sólidos: revisão sistemática com análise bibliométrica da literatura.** Ufrpe.br, 2022. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/4245/482484304>>. Acesso em: 7 maio 2022.

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 extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, v.34, n.11.

ZUTSHI, A.; CREED, A. **An international review of environmental initiatives in the construction sector.** *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 92–106, 2015.

LUCAS FERREIRA DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA PARA
OBTENÇÃO DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Uma
Pequena Revisão Bibliográfica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.
Defesa realizada por videoconferência.

Área de Concentração: Sustentabilidade
Ambiental

Aprovado em 25 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilson Lima da Silva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Simone Machado Santos (Avaliadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Andréa Fernanda de Santana Costa (Avaliadora)

Universidade Federal de Pernambuco