

Aplicação da abordagem ecossistêmica na Avaliação do Ciclo de Vida *Application of the ecosystem approach in Life Cycle Assessment*

Marina Silva Seabra da Rocha, Mestra e Doutoranda, UFMG

marinasseabra@gmail.com

Eleonora Sad de Assis, Profa. Doutora, UFMG

eleonorasad@yahoo.com.br

Resumo

Tem se buscado por métodos padronizados e coerentes para a avaliação do desempenho ambiental no setor da construção civil. A ACV, apesar de suas limitações, tem sido o método por excelência para a execução de tal tarefa. Dado o potencial desta, o objetivo deste estudo é propor uma melhoria metodológica e conceitual do modelo de ACV, visando incorporar os preceitos da teoria ecossistêmica, de modo a mitigar as suas falhas, focando na avaliação do desempenho ambiental de materiais de construção. Por meio de uma análise crítica da literatura normativa da ACV e sua comparação conceitual com os fundamentos ecossistêmicos, foi possível incorporar a estrutura de cascata e as categorias de impacto da abordagem ecossistêmica ao modelo da ACV. Isto resultou em na ampliação das fronteiras do sistema e na consolidação de um novo modelo de caracterização.

Palavras-chave: ACV; Serviços Ecossistêmicos; Materiais de Construção

Abstract

There has been a search for standardized and coherent methods for evaluating environmental performance in the construction sector. Despite its limitations, LCA has been the most used method to perform this task. Given its potential, this study aims to propose an improvement of the methodological and conceptual framework of the LCA model, focused on assessing the environmental performance of construction materials. The aim is to incorporate the precepts of ecosystem theory to mitigate its flaws. Analyzing the LCA normative and making a conceptual comparison with the ecosystem foundations, it was possible to embody the cascade framework and the impact categories of the ecosystem's approach in the LCA model. The result was the expansion of the system boundaries and the consolidation of a new characterization model.

Keywords: LCA; Ecosystem Services; Building Materials

1. Introdução

Sabe-se que os processos humanos em geral, como os processos industriais da construção civil, criam pressões que podem afetar o estado dos ecossistemas e suas funções. Isto pode impactar a natureza e o nível de provisão de serviços ecossistêmicos (SE) alterando, então, o bem estar da sociedade [1]. Segundo o último relatório do UNEP [2], o setor da construção civil, no que concerne as fases de operação da edificação e fabricação de materiais, liberou, em 2022, 37% das emissões totais de gás carbônico no mundo.

Uma das técnicas que têm sido amplamente usadas para avaliação das consequências ambientais da fabricação e escolha de materiais de construção, é o método da avaliação do ciclo de vida (ACV). O desenvolvimento dos estudos de ACV se iniciou na década de 1960 e acarretou em um questionamento por parte da sociedade sobre os limites de exploração de recursos naturais [3]. Esta técnica contribui para a análise da sustentabilidade na medida em que, a partir dela, se pode verificar em quê é possível melhorar a produção em termos ambientais. Ela permite, portanto, corrigir falhas e, graças aos vários processos de rotulagem que se baseiam no conceito de ACV, o consumidor pode escolher, dentro das suas possibilidades, produtos de companhias que se adequam a uma lógica menos impactante ambientalmente [4].

A ACV, no entanto, possui diversas limitações apontadas por alguns estudiosos. Dentre elas, pode-se destacar a visão reducionista que contabiliza apenas aspectos e indicadores físicos, como liberação de emissões e resíduos. Além disto, ao focar no sistema de produto, ela não é capaz de mensurar diretamente as consequências das emissões para o meio. Este método também é considerado complexo, subjetivo e que lida com uma multiplicidade de indicadores de categoria de impactos. Estes últimos, por terem natureza distinta, não podem ser diretamente comparados. Isto demonstra a necessidade de uma base conceitual mais holística e padronizada, mas, ao mesmo tempo, de fácil manipulação, focada nas consequências para o meio e baseada em critérios e indicadores mais objetivos.

Acredita-se que a inserção das bases conceituais ecossistêmicas seja uma resposta pertinente às limitações da técnica apresentada. Contudo, não há pesquisas que mostrem como incorporar a abordagem ecossistêmica no método de ACV. Wanderwilde e Newell [5] revelam que as duas áreas de pesquisa, embora compartilhem objetivos sustentáveis, têm poucos pontos de interseção. Zari [6], todavia, é a primeira pesquisadora a sugerir um método para a incorporação dos conceitos ecossistêmicos em ACV para materiais de construção. A autora, no entanto, não adentra na reestruturação dos conceitos e fluxos ligados ao sistema de produto, de forma a incorporar os preceitos ecossistêmicos neles. Zari, em seu artigo, salienta que um dos grandes desafios da pesquisa na área concerne o entendimento de como os materiais impactam os serviços ecossistêmicos e, portanto, em se fazer a abordagem ecossistêmica aplicável à seleção de materiais de construção. Além disto, é preciso elaborar definições, métricas e métodos que sejam internacionalmente aceitos no que concerne à avaliação de serviços ecossistêmicos. Com isto, será possível compreender melhor como estes interferem e são modificados por sistemas de origem antrópica, como os sistemas produtivos e sociais, em diferentes escalas espaciais e temporais [6].

Por isto, na presente investigação, indaga-se onde é possível aplicar os conceitos da abordagem ecossistêmica dentro do método da ACV. O desafio aqui é propor uma melhoria metodológica do modelo de ciclo de vida, de modo a mitigar suas limitações e focar o procedimento na consequência do processo de fabricação e escolha de materiais de construção na provisão de serviços ecossistêmicos.

2. Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa exploratória de caráter descritivo se fundamenta na revisão de literatura crítica. As publicações utilizadas de base sobre SE totalizaram em 10. Todas tratam da abordagem ecossistêmica baseada no seu modelo de cascata. Este modelo é o que permite fazer o elo entre o processo produtivo, ou seja, a apropriação dos bens ecossistêmicos e seus impactos na estrutura biofísica do meio, que é a responsável pela provisão dos serviços. Além disto, a abordagem de cascata foi proposta por Haines-Young e Potschin, em 2010, criadores das bases da Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES) [7], fruto de esforços da Agência Ambiental Européia (EEA), visando padronizar as tipologias e o conceitos de SE, de modo a permitir a comparação entre métodos de mapeamento ambiental e de avaliação de SE [8].

Já no que concerne às bases conceituais de ACV, consultou-se as duas normas em vigência, a ABNT ISO NBR 14040 [9] e a ISO NBR 14044 [10]. Elas tratam, respectivamente, dos princípios e estrutura da ACV, e dos requisitos e orientações para a aplicação do método. Foram escolhidas como alvo do estudo porque descrevem e fundamentam com detalhes as bases conceituais e estruturais deste método. Foi feita a leitura integral das normas de forma a se compreender os principais aspectos, fases e conceitos da ACV.

Por meio de um método de procedimento comparativo e monográfico, identificaram-se, em uma análise qualitativa da estrutura metodológica e conceitual, as lacunas de ACV que os preceitos ecossistêmicos poderiam suprir. Assim, propôs-se uma alteração metodológica e estrutural do modelo de ACV, constituído das fases de cultivo e ou extração das matérias-primas até o transporte ao local de aplicação do material, ou seja, o canteiro de obras. Neste introduziram-se os elementos e fluxos da estrutura de cascata. A forma do novo modelo foi, então, ilustrada por meio de um fluxograma.

3. Fundamentação teórica

A seguir, faz-se a fundamentação teórica da pesquisa e a proposta estrutural do novo modelo de ACV do berço ao portão do local de uso – canteiro de obras – para materiais de construção.

3.1 Abordagem Ecossistêmica

Ecossistema é “um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e seu ambiente não vivo interagindo como uma unidade funcional” [11]. Um ecossistema é composto por uma estrutura formada de elementos bióticos – organismos vivos – e abióticos – elementos químicos e físicos [7], que são a base de cada SE [12]. Estes elementos interagem de forma complexa entre si ao longo do tempo, configurando-se nos processos do ecossistema – ciclos de materiais e os fluxos de energia. A estrutura juntamente com os processos originam as funções ecossistêmicas [13] [14].

As funções ecossistêmicas básicas são a de produção, regulação, suporte e informação. Elas podem se converter em Serviços Ecossistêmicos, caso haja um reconhecimento, por indivíduos ou grupos, do seu potencial de usabilidade [12]. Ao se mobilizar este potencial através do capital humano, social e manufaturado tem-se o fornecimento e a constituição de um SE [12]. Segundo Buckhard e Maes [15], serviços ecossistêmicos são rótulos que se atribuem às coisas úteis que os ecossistemas fazem pelas pessoas. São as contribuições finais

que o meio dá ao bem-estar humano [16] e que resultam, após a mobilização e apropriação destes, em bens e benefícios aos quais as pessoas atribuem um valor [12].

No entanto, esta forma de mobilizar o capital natural quando se fabrica algo, gera pressões antrópicas, impactando o ambiente [15] [17]. A persistência, intensidade e variação no tempo das pressões é que determinam a importância dos impactos no meio e, conseqüentemente, das alterações ecossistêmicas [15]. As principais pressões geradas são as mudanças climáticas, o uso e a exploração do solo e das águas, a alteração de habitats, o aparecimento e reprodução de espécies invasoras, a poluição e eutrofização. Por sua vez, os indicadores das condições ecossistêmicas traduzem as alterações trazidas por estas pressões ao meio. Os impactos, então, podem ser entendidos como o fluxo inverso ao dos serviços. Ou seja, são as conseqüências da influência das atividades humanas no meio [15]. Estes impactos podem ser positivos ou negativos dependendo do nível e tipo de pressão antrópica e das condições do ecossistema. A Figura 1, a seguir, ilustra a relação destes conceitos.

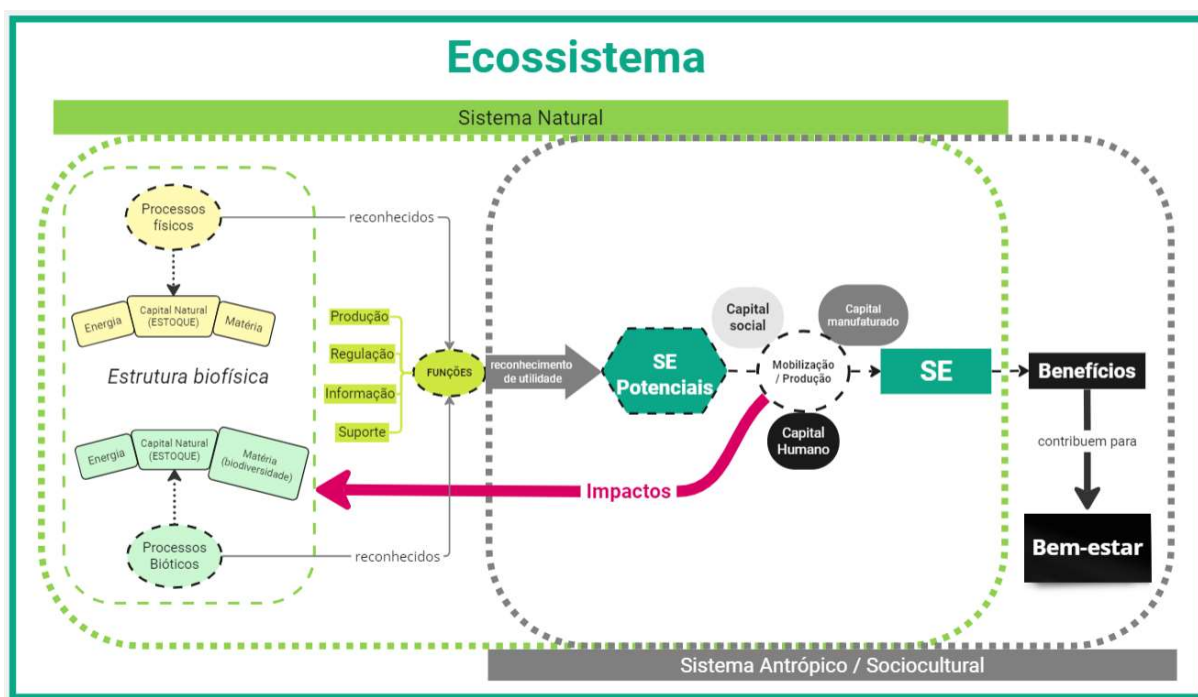


Figura 1: Esquema simplificado de serviços ecossistêmicos. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Avaliação do Ciclo de vida

Ciclo de vida são as etapas, em sequência, do percurso de um produto ou processo produtivo que podem se iniciar na geração da matéria-prima e se encerrar no descarte final deste [9]. Apesar de o foco ser no produto, informações sobre a condição ambiental dos sistemas limítrofes podem tornar os resultados da ACV mais precisos [10]. O método da avaliação do ciclo de vida tradicional, portanto, é um estudo complexo, comparativo que, segundo a norma, “fornece uma perspectiva sistêmica das questões ambientais e de recursos para um ou mais sistemas de produto” [9]. Seu objetivo é medir os impactos associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço. Ela também permite considerar aspectos do meio, dos recursos naturais e da saúde humana, mas não leva em consideração dados econômicos ou sociais[9].

É importante lembrar também que a ACV enfoca apenas impactos ambientais potenciais e não precisos, pois são relativos a uma unidade de referência do produto. Isto quer dizer que neste método se analisa uma quantidade específica, uma amostra, e não o universo completo do produto. Além disto, é fato que existe uma incerteza na modelagem dos impactos, sobretudo em relação àqueles que não são imediatos [9].

Sabe-se que não existe um jeito único e pré-definido de se executar uma ACV. Ela pode ser combinada com outros métodos de modo a permitir uma avaliação mais holística, possibilitando melhorias e incorporação de novidades na técnica, ao utilizar informações de outros métodos [9].

A ACV possui quatro fases: a definição do objetivo e do escopo e do estudo; a análise de inventário; a avaliação de impactos e, por fim, a interpretação [9]. A fase de definição do objetivo compreende o estabelecimento do porquê da realização do estudo, para qual finalidade e para quem este está sendo feito e se os resultados serão divulgados publicamente. Já no escopo, se deve delinear e descrever claramente o sistema e suas funções, as fronteiras, os tipos de impactos e suas categorias, metodologias de avaliação e interpretação, entre outros [9].

O avaliador é quem determina onde começa e termina o sistema, que é a sequência de processos elementares, também conhecidos como fases – constituição da matéria-prima, transporte desta até o local de beneficiamento, processo de transformação em produto, manufatura de materiais e produtos auxiliares ao processo de produção, geração de fontes de energia, uso, manutenção, descarte e ou reciclagem – que são conectados por fluxos de produtos intermediários e que realizam uma ou mais funções. Também é o avaliador que delimita onde estão as fronteiras do processo avaliado, de acordo com o objetivo e o escopo do estudo, conforme os sistemas fornecedores (de entradas) e receptores (de saídas) de fluxos elementares e de produtos do sistema em análise [9].

Estas entradas – de material, produtos ou energia – e saídas – de material, produtos, emissões, resíduos ou energia – são, então, levantadas e quantificadas por meio de cálculo na análise de inventário do ciclo de vida (ICV). Já na avaliação de impacto (AICV), é feita a estimativa da magnitude e da significância dos impactos potenciais do sistema. Nesta fase, também, os resultados do ICV são relacionados às categorias de impacto ambiental, indicadores e pontos finais de categoria, respectivos que são considerados relevantes para o estudo [9]. Isto é feito meio de modelos de caracterização escolhidos. Estes modelos são os conjuntos de processos ambientais correspondentes a cada um dos indicadores de categoria e seus respectivos preceitos utilizados para detalhá-los. Estes devem ser condizentes com o objetivo e escopo da ACV. Porém, sabe-se que não existe uma metodologia bem definida e aceita que relacione de forma precisa dados de inventário com impactos ambientais e pontos finais [10].

Os pontos finais de categoria, por sua vez, são os aspectos externo, ou seja, de um meio (sistema) afetado pelas saídas do sistema em estudo. O indicador de categoria, que é calculado nesta fase, configura-se como a unidade que representa a saída de um processo elementar que impacta o meio. No entanto, este pode ser escolhido em qualquer ponto do mecanismo ambiental.

Os mecanismos são os fenômenos de natureza física, química ou biológica que permitem com que as saídas, que constituem os resultados da análise de inventário, afetem os pontos finais das categorias de impacto [9]. Já as categorias de impacto podem ser traduzidas como as questões ambientais afetadas pelas saídas do sistema, por meio do aspecto ou fator

ambiental. Estes últimos são os processos do sistema que interagem com o meio ambiente. É importante lembrar que a seleção das categorias de impacto deve abranger um conjunto amplo de aspectos ambientais afetados pelo sistema de produto analisado [10].

É mister ressaltar que no método de ACV, se as categorias de impacto, de indicadores e os modelos de caracterização existentes não forem suficientes, novos podem ser definidos. No entanto, o modelo de caracterização de cada indicador deve se basear em um mecanismo ambiental identificável com características espaciais e temporais específicas e fundamentado em dados científicos. Consequentemente, este modelo, os indicadores e categorias resultantes dele devem ser aceitos internacionalmente [10].

Por fim, na interpretação do ciclo de vida, é feito um diagnóstico com base na sumarização da análise de inventário e ou da avaliação de impacto, de acordo com o objetivo e escopo do estudo. Desta forma, são tiradas conclusões, que serão base para recomendações ou tomada de decisão [9].

4. Resultados

Ao se analisar a estrutura metodológica da ACV é possível perceber que a abordagem ecossistêmica pode ser inserida no modelo de sistema de produto por novas delimitações na fronteira do sistema em estudo, em termos dos fluxos elementares e de produtos e na incorporação do modelo de cascata ao modelo de caracterização, conforme figura 2.

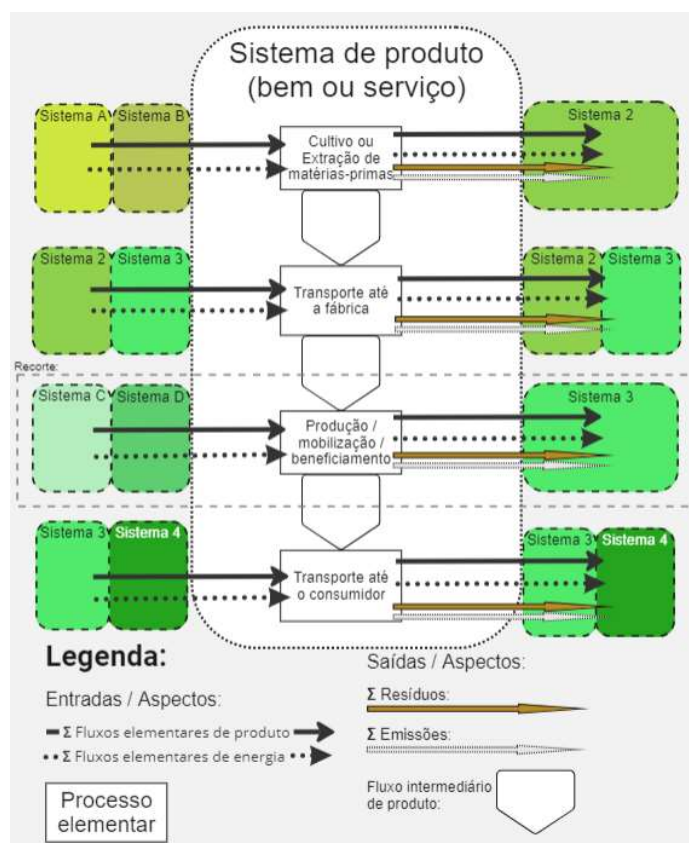


Figura 2: Estrutura de ACV ecossistêmica para materiais de construção. Fonte: elaborado pelos autores.

No que concerne o objetivo desta ACV, esta visa ser executada de forma a permitir com que profissionais da construção civil e também leigos, possam tomar decisões relativas à escolha os materiais que irão empregar em suas obras. Os selecionados deverão ser aqueles

que possuem melhor desempenho ambiental, provado pelo método em estudo. Dado que Zari [6] divide os materiais de construção em três tipos, materiais que são cultivados, materiais que são extraídos ou minerados e materiais que são feitos ou processados, pode-se considerar, para a modelagem genérica do ciclo de vida de qualquer um destes materiais, pelo menos quatro processos elementares inseridos dentro da fronteira: cultivo ou extração de matérias primas; transporte até a fábrica; produção, também conhecida na linguagem ecossistêmica por mobilização e, por fim, transporte até o consumidor, de acordo com a Figura 2.

Os sistemas que estão fora da fronteira e ligados aos processos elementares por entradas são, pelo menos, dois. Isto se dá, pois a energia e os produtos usados naquela fase do ciclo de vida podem vir de lugares diferentes. Igualmente, os ecossistemas que fornecem fluxos de material e energia podem não ser os mesmos do sistema de onde esta é extraída ou cultivada. No caso dos processos de transporte, os ecossistemas que fornecem as entradas podem ser tanto o do local de saída, quanto o de chegada do fluxo intermediário de produto. Ou seja, as atividades de deslocamento impactam o ecossistema de saída do fluxo de produto intermediário pelo consumo de recursos, energia e liberações de emissões e resíduos.

Outrossim, os fluxos elementares entre sistemas, também compreendidos como aspectos ambientais, impactam tanto na provisão de SE dos sistemas que os fornecem para o sistema em estudo, quanto daqueles para os quais as saídas do sistema principal se direcionam. Ou seja, os fluxos elementares de produto e energia – como o consumo de recursos e energia para o processo de beneficiamento do material – quanto os fluxos de produto e liberações – como a liberação de energia na forma de calor, as emissões e os resíduos – afetam o fornecimento de SE nos sistemas fornecedores e receptores.

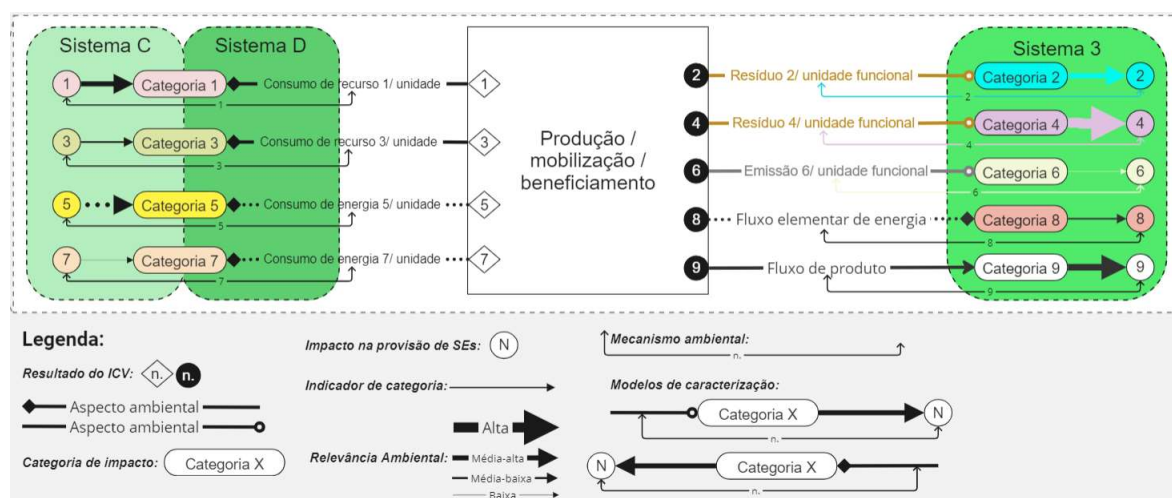


Figura 3: Fluxos em recorte de um dos processos elementares. Fonte: elaborado pelos autores.

Uma mudança maior na estrutura de ACV se faz necessária no que concerne especificamente os fluxos de entrada e saída levantados e quantificados no inventário de ciclo de vida (ICV) e seu relacionamento às categorias de impacto. Conforme a Figura 3, que amplia o processo elementar de produção, pode-se perceber que as categorias de impacto são passíveis de se tornar categorias de impacto em SE. Assim, o ponto final de categoria se transforma de ecossistema impactado, como preconiza a ACV original, em pontos finais na provisão de serviços ecossistêmicos daquele meio afetado. Zari [6] determina, inclusive, que os serviços mais afetados pelo ciclo de vida dos materiais de construção, são a regulação climática, os serviços de purificação, provisão de habitat, água, potável, comida e energia e ciclagem de nutrientes. Estes podem, então, ser pré-definidos como categorias-padrão.

Visto que não há métodos pré-determinados de caracterização dentro da ACV, o modelo de caracterização proposto para se compreender a relação dos resultados do inventário com os impactos na provisão dos SE será o modelo de cascata. Isto pode ser executado, pois este permite relacionar a apropriação dos SE em cada um dos processos elementares com as suas consequências ambientais.

5. Discussões

A abordagem ecossistêmica e a ACV são complementares, conforme declarado em estudos anteriores e, por isso, a primeira pode compor à última segundo recomendação das normas pertinentes. A incorporação da estrutura de cascata e das categoria de impacto, já levantadas por Zari [6] e consolidadas na CICES, tornam a ACV dos materiais de construção melhor estruturada em termos de um padrão e bases conceituais, facilitando a comparação entre sistemas de produtos.

A principal alteração da estrutura de ACV convencional para uma que incorpore SE, segundo a proposição desta investigação, é que as entradas no sistema de produto analisado se tornam impactos nos serviços ecossistêmicos do sistema de onde são extraídos, e as categorias de impacto se tornam categorias de impacto na provisão de SE. Além disto, os sistemas que fazem fronteira com o avaliado devem ser incluídos na análise. Isto faz com que o foco da avaliação deixe de ser apenas o produto para incorporar também as consequências do seu ciclo de vida no meio. Igualmente, a ACV contribui para a abordagem ecossistêmica como um método internacionalmente aceito, tornando mais fácil o entendimento de como os SE são alterados por sistemas humanos. Por isto, apesar de ser um esforço primário, a alteração do modelo de ACV proposta aqui se mostra promissora e coerente com ambas as temáticas.

6. Considerações Finais

Sabe-se, contudo, que ainda há muito o que se investigar na relação metodológica e conceitual entre a ACV e a abordagem ecossistêmica. Contudo, foi possível perceber que a estruturação do modelo de cascata permite traçar um caminho padrão, constituindo-se em um modelo de caracterização único e pré-definido, de modo a mitigar as lacunas que a ACV possui, sobretudo no quesito de ligação entre os resultados de ICV e as categorias de impacto.

Esta investigação permitiu, de modo inicial, apontar em que etapas e em quais conceitos as abordagens em estudo poderiam se fundir de forma coerente. É sabido, no entanto, que a interseção das duas abordagens não precisa se limitar ao contexto dos materiais de construção. Esta pode se estender a qualquer produto que seja fruto da interação do capital natural com o humano e o manufaturado. Contudo, a proposta feita cabe somente ao ciclo de vida de berço ao portão do canteiro de obras, não englobando as fases de uso, manutenção e descarte ou reciclagem do material. Portanto, para se traçar um modelo genérico para o ciclo de vida de produtos e serviços em geral, que incorpore todas as fases, são necessárias maiores investigações. Igualmente, sabe-se que nos resultados de ICV a falta das dimensões espacial e temporal resulta em incertezas, assim como na avaliação da provisão de SE. Ou seja, este ainda é um desafio a ser superado em ambas as disciplinas.

O produto desta pesquisa exploratória, portanto, se configura como inédito no âmbito da ACV, e pode ser incorporado em softwares ou plataformas para avaliação do desempenho ambiental na construção civil, como o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (SIDAC). Com isto, as conclusões destes estudos podem ser tornar mais precisas e voltadas para consequências efetivas dos sistemas analisados no meio ambiente.

Referências

- [1] TEN BRINK, Patrick. **Natural capital**: an old concept with a new life. In: MONNOYER-SMITH, Laurence; PERRISSIN FABERT, Baptiste (eds.). *Nature and the wealth of nations*. Paris: Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable: Commissariat Général au Développement Durable, 2015, p. 41-50. (Coleção Études et documents). Disponível em: https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0083/Temis-0083488/22322_ENG.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.
- [2] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report for Buildings and Construction - Beyond foundations**: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. Nairobi: Global Alliance for Buildings and Construction:UNEP, 2024. 99 p.
- [3] COLTRO, Lêda (org.). **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, 2007. 75 p.
- [4] BRASIL. Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. *In: _____ ACV*, [Brasília]: IBICT, [2018]. Disponível em: <https://acv.ibict.br/sobre/quem-somos/>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- [5] VANDERWILDE, Calli P.; NEWELL, Joshua P. Ecosystem services and Life cycle assessment: A bibliometric review. **Resources, Conservation & recycling**, [S.l.]: Elsevier, v. 169, n. 105461, p. 1-15. 2010.
- [6] ZARI, Maibritt Pedersen. Ecosystem services impacts as part of building materials selection criteria. **Materials Today Sustainability**, [S.l.]: Elsevier, v. 4, n. 3, p. 1-10. 2019.
- [7] LA NOTTE, Alessandra; d'AMATO, Dalia; MÄKINEN, Hanna; PARACCHINI, Maria Luisa; LIQUETE, Camino; EGOH, Benis; GENELETTI, Davide; CROSSMAN, Neville D. Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. **Ecological Indicators**, [S.l.]: Elsevier, v. 74, n. 1, p. 392–402, 2017.
- [8] EMBRAPA. Serviços ambientais. *In: _____*. **Site Oficial da Embrapa**, Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [S.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/sobre-o-tema>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040**: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2014a. 22 p.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044**: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b. 46 p.
- [11] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Biodiversidade e Florestas Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade. **A Convenção sobre Diversidade**

Biológica: CDB Cópia do Decreto Legislativo nº 2, de 5 de junho de 1992. Brasília, DF: MMA, 2000. 30 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023

[12] SPANBERG, Joaquim H.; VON HAAREN, Christina; SETELLE, Josef. The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 104, 2014, p. 22–32.

[13] DE GROOT, Rudolf; WILSON, Mathew A.; BOUMANS, Roelof M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. The dynamics and value of ecosystem services: integrating economic and ecological perspectives. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 41, n. 3, p. 393–408, jun. 2002. Edição Especial.

[14] PAVAN, Ana Laura Raymundo. **Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida no Brasil:** Desenvolvimento de fatores de caracterização regionais para serviços ecossistêmicos relacionados à qualidade do solo. 2019. 190 f. Tese (Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04042019-105842/publico/TesePavanAnaLauraRaymundoCorrig.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.

[15] BUCKHARD, Benjamin; MAES, Joaquim. **Mapping Ecosystem Services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. 374 p.

[16] HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHIN, Marion. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1:** Guidance on the Application of the Revised Structure. Nottingham, Reino Unido: Fabis Consulting, 2018. Versão 5.1. Disponível em: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023

[17] COSTANZA, Robert; de GROOT, Rudolf; BRAAT, Leon; KUBISZEWSKI, Ida; FIORAMONTI, Lorenzo; SUTTON, Paul; FARBER, Steve; GRASSO, Monica. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, [S.l.]: Elsevier, v. 28, n. Part A, p. 1–16, 2017.