

Análise da evolução dos temas de pesquisa da ACV no Brasil baseada na relação de co-words

Guilherme Marcelo Zanghelini^{1,2}

Henrique R. A. Souza Junior^{1,3},

Edivan Cherubini^{1,2},

Luiz Kulay⁴,

Sebastião Roberto Soares¹

Resumo

Quando uma área de pesquisa ampla e multidisciplinar como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é analisada com vistas a proporcionar uma compreensão geral de sua aplicação, deparamo-nos com dificuldades para se identificar padrões de desenvolvimento. A indicação de temas dominantes e a evolução no tempo, bem como a relação da ACV com outras áreas do conhecimento e/ou gerenciamento ambiental, além das perspectivas para o futuro do desenvolvimento são importantes não apenas para caracterizar o perfil de uso da técnica e suas tendências. Estas informações são também vitais para a identificação de barreiras ao desenvolvimento científico e motivações a serem exploradas com vistas a intensificar sua difusão no país. Este estudo contribui para o tema ao analisar a relação de palavras-chave de artigos brasileiros que tratam de ACV, interpretando a evolução dos temas pesquisados e formando um quadro atual das principais interações em termos de áreas de atuação e conexões estabelecidas pela comunidade científica nacional. Para tanto, aplicou-se a técnica de ‘mapeamento de co-words’, uma variante da Análise Bibliométrica. A aplicação dessa abordagem a um grupo específico de artigos mede o grau de expressão do termo (palavra-chave), indicando a influência de cada tema com base na frequência de suas aparições, além de indicar as áreas mais intimamente ligadas por meio de citações entre as publicações. O universo de produções foi definido via busca de palavras-chave específicas nas bases de dados SCOPUS, Web of Science e Scielo para o período 1993-2015. Foram consideradas apenas

1 Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida – CICLOG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), guilherme.zanghelini@posgrad.ufsc.br

2 EnCiclo Soluções Sustentáveis Ltda.

3 Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

4 Departamento de Engenharia Química – Universidade de São Paulo (USP)

publicações indexadas pelo Institute for Scientific Information (ISI - SCI e SSCI). Exatos 165 artigos atenderam às condições propostas por este delineamento. O agrupando das palavras-chaves por similaridade de termos permitiu criar sete áreas temáticas: Biocombustíveis, Energia, Metodologia, Agronegócio, Construção, Gerenciamento de Resíduos e Termos Gerais (e.g., ACV, impactos...). O grupo Biocombustíveis formado pelos termos ethanol, bioethanol, sugarcane, biodiesel, biofuel, constitui a principal área de aplicação da ACV no Brasil. Uma análise de evolução demonstrou ainda que apenas a partir de 2008 – e com frequência regular, somente desde 2010 – os biocombustíveis começaram a ser estudados sob a ótica da ACV. As relações entre os grupos de pesquisa demonstram importantes ligações entre Biocombustíveis e Energia e Biocombustíveis e aspectos de Metodologia. Destaque-se por fim a evolução ocorrida desde 2003 no grau de complexidade das conexões - tanto quantitativa como qualitativamente - entre as palavras-chave. Quando somado à quantidade crescente de publicação nos últimos cinco anos, esse comportamento indica uma tendência à continuidade da difusão da ACV, em especial nos temas de biocombustível e energia.

Palavras-chave: *Avaliação do ciclo de vida. Brasil. Produção científica. Co-word.*

Introdução

O uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como técnica de análise ambiental tem se tornado cada vez mais comum no cotidiano de empresas. O mesmo pode ser observado no tocante ao desenvolvimento da metodologia que pode ser observado pelo número crescente de publicações sobre o tema. As publicações anuais saltaram de 38 em 1998 para 1.104 em 2013 (HOU et al., 2015). A difusão da ACV se deve em grande parte a algumas de suas características essenciais, como o uso de uma abordagem sistêmica para a tomada de decisão e a quantificação de informações ambientais relacionadas a impactos que, em outras técnicas, são avaliados tão somente sob a forma qualitativa (ZANGHELINI et al., 2016). No Brasil, a ACV tem sido aplicada a vários setores econômicos, tais como a indústria de biocombustíveis, agricultura e pecuária, o setor de construção civil, a indústria do aço, entre outros (CHERUBINI e RIBEIRO, 2015; ZANGHELINI et al., 2014).

Uma maneira de identificar que temas são tratados como objeto preferencial de aplicação da ACV, bem como evolução da técnica no decorrer dos anos é analisar a produção científica que a relaciona. Isso pode ser implementado por meio de análise de co-words das publicações escritas sob uma abordagem conhecida como bibliometria. Essa análise quantifica em termos de aparições e relaciona em termos de citações as palavras-chave utilizadas em determinado grupo de publicações. Embora essa técnica já venha sendo aplicada dentro do contexto da ACV (CHEN et al., 2014; HOU et al., 2015; QIAN, 2014; ZANGHELINI et al., 2016), especificamente para o Brasil, apenas o estudo desenvolvido por Zanghelini e colaboradores abordou o tema. Esse trabalho delimita um grupo de publicações ao âmbito geográfico e aplica diversas análises bibliométricas para indicar tendências e padrões de pesquisa. No entanto, os autores somente avaliaram as principais áreas de aplicação da ACV, e não sua evolução ao longo dos anos. Dado o contexto, o objetivo deste estudo é realizar uma análise de co-word entre artigos publicados, a fim de indicar os principais temas de pesquisa em ACV no Brasil, sua evolução ao longo do tempo, e as relações entre assuntos (especificamente das palavras-chave pelas citações entre artigos) abordados pelos autores.

Metodologia

As fontes de dados para pesquisas bibliométricas são as bibliografias e os bancos de dados bibliométricos (GLÄNZEL, 2003). Nesta pesquisa foram considerados apenas artigos indexados no banco de dados ISI WoS (em específico nos indexadores Citation Index Expanded (SCIE) - e o Social Sciences Citation Index – SSCI). Para compor o grupo de produção científica para a análise, foram utilizados os bancos internacionais SCOPUS e Web of Science, ao passo que para a pesquisa nacional considerou-se o SCIELO. Tais decisões

foram tomadas devido às características das mesmas fontes e à alta incidência de acesso em áreas acadêmicas e científicas. Estudos bibliométricos indicam o Web of Science como o banco mais utilizado para análises dessa natureza (ver HOU et al., 2015; QIAN, 2014; SOUZA e BARBASTEFANO, 2011, XU e BOEING, 2013 e ZANGHELINI et al., 2016). Além disso, o (SCI) do banco de dados *Science Citation Index* tem sido a forma mais comum para rastrear documentos em pesquisa bibliométrica (MING et al., 2009).

O delineamento dos dados foi realizado através de um conjunto de palavras-chave. Seguindo as recomendações feitas por Estrela (2015), além de palavras-chave de pesquisa centrais como LCA e *life cycle assessment* (o termo preferido nas normas ISO), foram considerados siglas importantes, como a LCI e LCIA. Para os bancos de dados brasileiros, foram utilizados os termos Avaliação do ciclo de vida, Avaliação de ciclo de vida, ACV, Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida, Avaliação do Impacto de ciclo de vida, AICV, Inventário de ciclo de vida, Inventário do ciclo de vida, ICV, *life cycle assessment* ou LCA, nos campos de pesquisa de (título), (palavra-chave) e (sujeito). Para o banco de dados SCOPUS a pesquisa foi realizada para as palavras *life cycle assessment*, LCA, *life cycle impact assessment*, LCIA, *life cycle inventory* ou LCI no campo (palavras-chave), Brasil ou Brazil no campo (país/filiação) e artigo, como (tipo de documento). Finalmente, no ISI Web of Science, foram utilizados os termos *life cycle assessment*, LCA, *life cycle impact assessment*, LCIA, *life cycle inventory* ou LCI no campo (título) e Brasil ou Brazil no campo (endereço).

Para incluir toda a pesquisa brasileira no âmbito anterior, considerou-se para todos os bancos de dados o período de tempo compreendido entre 1993 – ano de publicação das orientações da Society of Environmental Toxicology and Chemistry SETAC para a ACV (SETAC, 1993) - e 2015. O conjunto de artigos encontrados passou então por uma triagem a fim de identificar aqueles que atenderiam à definição do escopo - ou seja, a pesquisa realizada por pesquisadores brasileiros, ou com sua participação colaborativa em

temas relacionados à ACV. Mais detalhes na definição e seleção dos trabalhos considerados nesta pesquisa estão descritos em Zanghelini et al. (2016).

A análise de *co-word* (copalavra) mede os pontos fortes de associação de termos representativos em publicações relevantes ou outros textos produzidos em certo campo técnico (COULTER et al., 1998). Nesse contexto, os assim denominados *clusters* representam conjuntos de informações textuais que podem ser entendidas como grupos semânticos, ou conceituais, dos diferentes temas tratados pelo campo de pesquisa (COBO et al., 2011). A rede de copalavra usa palavras-chave para avaliar a influência de cada palavra com base no número de aparições nos periódicos. O tamanho de cada uma de seus nós indica a importância de cada termo; as ligações representam a forma como eles se interconectam (uma citação significa um *link*); e os grupos delineiam as áreas de pesquisa de domínio.

Para esta pesquisa, optou-se por utilizar CiteSpace (CHEN, 2014) que faz uso da análise temporal para indicar a evolução campo de pesquisa durante um período de tempo. Esta ferramenta foi recentemente utilizada em estudos bibliométricos de ACV com o intuito de estabelecer redes de cocitação e copalavra (CHEN, 2014; ZANGHELINI et al., 2016). O uso do software exigiu um formato de entrada padronizada, e assim, algumas palavras-chave foram normalizadas. Por exemplo, *life cycle assessment*, *life-cycle assessment*, *LCA* e *life cycle analysis* foram normalizados para *LCA*. Para possibilitar a interpretação da rede de *co-words* gerada, e objetivando avaliar o máximo de temas de modo claro, aplicou-se um corte nas 50 principais palavras em termos de aparição. O corte permitiu também a realização de uma clusterização (agrupamento) das palavras-chave que mais se “relacionam” nos artigos avaliados no estudo, através de leitura do seu conteúdo utilizando o critério de similaridade dos assuntos tratados.

Resultados e Discussões

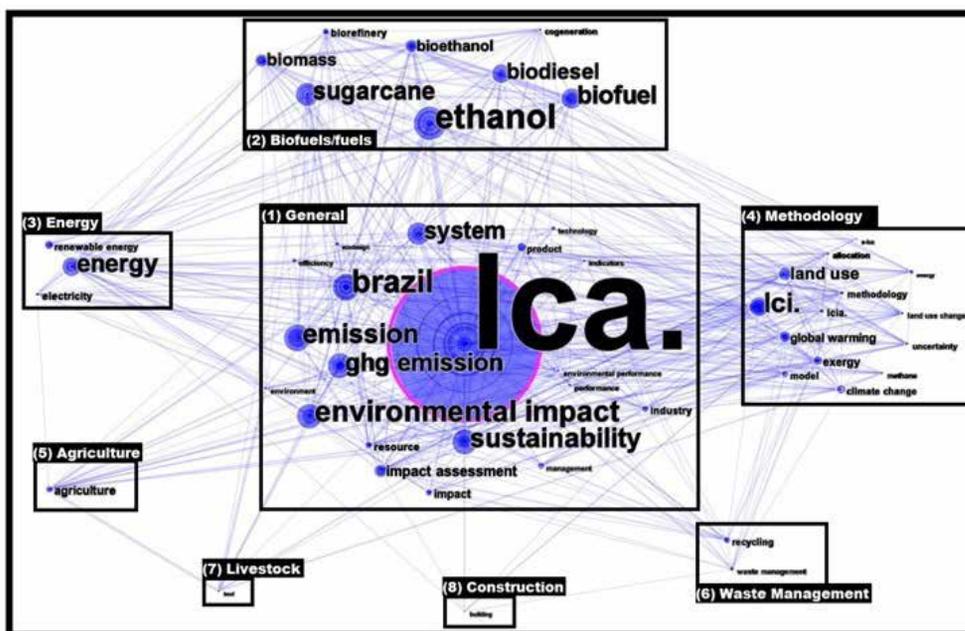
Ao todo, encontraram-se 165 artigos indexados no ISI WoS. Comparando com a bibliometria de Hou et al. (2015), restringindo o período para o mesmo intervalo de tempo aplicado por esses autores (ou seja, 1998 - 2013), percebe-se que esta pesquisa identificou mais artigos do que aquela referência (128 contra 94), fenômeno que pode ser explicado em virtude do uso, no caso presente, de maior número de palavras-chave. Por exemplo, Hou et al. (2015) aplicaram unicamente o termo *life cycle assessment*, deixando de lado expressões similares, mas igualmente importantes como *life cycle inventory*, ou mesmo siglas (i.e. LCA, LCI, LCIA, etc.).

No universo de documentos em análise, exatamente 1.600 palavras-chave foram registradas após a normalização, sendo que 212 apareceram mais de uma vez, e outras 447 eram originais (apareceram apenas uma vez). O princípio da análise de *co-words* associa maior significância para os termos mais utilizados, de forma que, após a normalização, palavras-chave abaixo do critério de corte (top 50 palavras-chave) não foram incluídas na interpretação. Neste panorama mais geral, a palavra-chave mais frequente é LCA (129 repetições), seguido por *Ethanol* (32) e *Brazil* (28).

Respeitando os 50 principais termos, a classificação da pesquisa em ACV no Brasil pode ser interpretada segundo oito grupos (figura 1): (1) Geral, dominado por termos amplos que geralmente estão envolvidos nos estudos de ACV, como *environmental impact*, *system* ou *emission*; (2) Biocombustível/combustível, primeiro grande grupo de aplicação da ACV no Brasil, com termos relacionados à produção de biocombustíveis, com destaque para bioetanol e biodiesel; (3) Energia, segunda principal área de aplicação nacional, que além do termo *energy*, considera ainda duas de suas fontes principais: eletricidade e energias renováveis; (4) Metodologia, grupo que não representa propriamente uma área de aplicação, mas possui importância para o desenvolvimento e consolidação da ACV (5); Agricultura, que além de relevante para o setor

econômico brasileiro, foi objeto de importantes estudos na linha da ACV, mas que na figura 1 perde destaque dado o predomínio de outros termos no critério de corte (50 principais palavras-chave); (6) Gestão de resíduos, que se apresenta com palavras-chave como *recycling* e *waste management*; (7) Pecuária, outro grupo expressivo em termos econômicos, mas que não ganha destaque na figura pelo predomínio de outros termos mais recorrentes e (8) Construção Civil, com o único termo *building* dentro do cluster.

Figura 1. Agrupamento das 50 principais palavras-chave com maior frequência de aparição por critério de similaridade, e rede de conexões entre temas para o período de 1993-2015 (ZANGHELINI et al., 2016)



A evolução temporal dos temas de pesquisa, interpretados à luz das relações de *co-words* entre artigos publicados, é apresentada na figura 2, sendo (A) o período compreendido entre os anos 2003-2007, (B) aquele referente a 2007-2011, e (C) para o período 2011-2015.

Como apresentado na figura 2A, os dois primeiros estudos brasileiros na população analisada foram publicados somente em 2003. Os trabalhos desenvolvidos por Coltro et al. (2003) e Silva e Kulay (2003) atuaram em áreas consideradas prioritárias em termos de interesse para o Brasil, respectivamente de energia elétrica e fertilizantes (MORETTI, 2011). Um ponto em comum entre os artigos é a citação da palavra-chave *inventory* (normalizada para somente LCI na figura 2A). Embora o termo LCI (*life cycle inventory*) tenha diminuído sua relevância em trabalhos científicos ao longo do período de análise, apareceu no segundo posto no *ranking* dos mais citados na figura 2A e 2B, e como décimo quinto colocado na figura 2C. Tal desempenho sugere que prossegue frequentemente utilizado por autores brasileiros. Esse comportamento é esperado em países que ainda possuem bases de dados com poucos datasets, como é o caso do SICV Brasil, lançado oficialmente em 2016, e que conta tão somente com dez inventários de sistemas de produtos nacionais.

Considerando que o Brasil é um grande exportador de *commodities*, ainda há um grande interesse na área de ACV com a criação e publicação de dados de inventário de qualidade. Analisando as relações dessa palavra-chave na figura 2A, percebe-se que, com exceção de um artigo publicado em 2005 (SILVA e KULAY, 2005), LCI esteve ligado a produções que circularam por outros setores industriais, tais como cimento (JOSA et al., 2004) e a agricultura (COLTRO et al., 2006; MOURAD et al., 2007). Em termos metodológicos, Soares et al. (2006) foram os primeiros autores nacionais a discutir como técnicas de aplicação frequente em outras áreas do conhecimento podem auxiliar no desenvolvimento de ponderação das categorias de impacto utilizadas na ACV (como a análise de decisão multicritério). Esse aspecto pode ser observado no *cluster* com linhas amarelas isolado na figura 2A.

Com o aumento de estudos nacionais na área (47 no período), observa-se que as relações começam a ficar mais complexas (figura 2B) ao longo do período 2007-2011 são encontrados os primeiros estudos voltados para a área de biocombustíveis (OMETTO et al., 2009; D'AGOSTO e RIBEIRO, 2009; GOMES e ARAÚJO, 2009). Segundo Zanghelini et al. (2016), esse segmento industrial tem sido o de maior interesse dos pesquisadores brasileiros em termos de aplicação da ACV. A figura 2B evidencia a importância da área, sendo as palavras-chave *ethanol*, *biodiesel*, *biofuel* e *bioethanol* aquelas mais citadas juntamente com termos de alcance geral como *LCA*, *LCI*, *environmental impact*, *Brazil* e *sustainability*.

Novos sistemas de produto começam a ser analisados, tais como embalagens, soja, carvão mineral, serviço de aluguel de DVD e carrocerias usadas em caminhões. Entre 2007-2011 também se observa o uso da ACV como metodologia para análise ambiental com foco no fim de vida de produtos. Essa constatação se sustenta em virtude da recorrência elevada de aparição de termos como *recycling*, *remanufacture*, *solid waste* e *end-of-life* naquele período. *Energy*, termo que já possuía destaque no período de 2003-2007, continuou sendo pesquisado nos anos seguintes com aparições anuais até 2011. Outras palavras-chave voltadas para questões metodológicas, como *allocation* e *uncertainty*, começam a figurar nas publicações, embora de maneira ainda tímida, o que reforça que, no Brasil, os trabalhos voltados para ACV estão mais relacionados ao uso e assimilação da metodologia do que propriamente no desenvolvimento da técnica.

Analisando o 3º período (2011-2015) da evolução dos trabalhos, percebe-se aumento ainda mais pronunciado em termos de relações entre os temas, o que reflete elevação no número de publicações e intensificação das inter-relações entre os próprios estudos. O interesse na área de biocombustíveis alcança patamares inéditos de aparição. Embora presente em outros anos, o termo *biodiesel* atinge seu ápice em termos de expressão em 2015, fato que eleva a referida área à condição de cenário principal de aplicação da ACV no Brasil, além de disseminar termos como *biofuel* e *biomass* de forma intensa (e.g. BRONDANI et al., 2015). *Ethanol* e *sugarcane* ganham ainda mais destaque

com publicações como as de Souza et al. (2015) e Mayer et al. (2015). Nesse período, questões como uso da terra (*land use* na figura 2C) como indicador em nível de inventário e seu uso na avaliação de impactos começam a ser discutidas. Outra tendência observada na figura 2C consiste no aumento do interesse nas mudanças climáticas como indicador de impacto ambiental. Essa constatação deriva do número de aparições das palavras *GHG emissions*, *global warming* e *climate change*. Tal indicador representa um dos impactos ambientais mais discutidos pela sociedade, e, principalmente por isso, tem se destacado em relação a outros indicadores ambientais dentro do âmbito de aplicação da ACV.

Conclusões

Este estudo realizou uma análise da relação de palavras-chave de artigos brasileiros publicados em periódicos científicos entre 1993 e 2015. Foram encontrados 165 artigos que respeitaram os requisitos propostos de amostragem. Uma análise das principais palavras-chave utilizadas por pesquisadores brasileiros nessas produções revelou ser o segmento de biocombustíveis aquele em que a aplicação da ACV em sistemas de produto ocorre de maneira mais pronunciada. Como corolário disso, destacam-se termos como etanol, bioetanol e biosiesel. A área energética representa o segundo principal tema envolvido nas pesquisas, seguida pela agricultura. Outros temas merecedores de destaque são o desenvolvimento metodológico, pecuária, construção civil e gerenciamento de resíduos.

Os resultados da evolução temporal dos temas e termos encontrados nos artigos demonstram que a ACV vem se tornando cada vez mais difundida no Brasil. Essa conclusão é reforçada pela significância em termos de repetição de determinadas palavras, além do grau crescente de complexidade das ligações estabelecidas entre esses grupos ao longo do tempo. No primeiro período analisado (2003-2007), poucos estudos foram desenvolvidos. Nessa época ocorrem os primeiros estudos ligados à Energia. A partir de 2009, os biocombustíveis passam a dominar o campo de interesse dos pesquisadores no

Brasil, sendo reforçado por recentes estudos relacionados ao etanol da cana e biodiesel de variadas fontes. Outros sistemas de produto voltados para setores importantes para o Brasil, como o setor agrícola e pecuário, ainda apresentam margem para mais estudos, uma vez que poucas palavras-chave relacionadas a essa temática foram identificadas na análise de *co-words*.

Como futuros desafios para a consolidação da ACV no Brasil, o desenvolvimento e a publicação de dados de inventário parece continuar a ser um tópico importante. Essa afirmação se justifica não apenas em função do grau elevado de aparição dessa palavra-chave (i.e. LCI) em todos os períodos estudados, mas também, por se tratar de etapa fundamental para a solidificação da metodologia de ACV, permitindo estudos mais robustos e com menor incerteza dos resultados.

Referências

- BRONDANI, Michel., HOFFMANN, Ronaldo., MAYER, Flávio D., KLEINERT, Jonas S. Environmental and energy analysis of biodiesel production in Rio Grande do Sul, Brazil. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2015. Volume 17, p 129-143. DOI:10.1007/s10098-014-0768-x.
- CHEN, Haibin., YANG, Yu., YANG, Yan., JIANG, Wei., ZHOU, Jingcheng. A bibliometric investigation of life cycle assessment research in the web of science databases. *Int J Life Cycle Assess*. 2014. Volume 19, p. 1674–1685. doi:10.1007/s11367-014-0777-3.
- CHEN, Haibin. *The Cite Space Manual*. 2004. Disponível em <http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>. Acessado em fevereiro de 2015.
- CHERUBINI, Edivan., RIBEIRO, Paulo T. *Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil*. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT, Brasília: 2015. 187 pp.
- COBO, Manuel J., LÓPEZ-HERRERA, Antonio G., HERRERA-VIEDMA, Enrique., HERRERA, Francisco. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: a practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *J Informetr*. 2011. Volume 5, p 146–166. DOI:10.1016/j.joi.2010.10.002.
- COLTRO, Leda., GARCIA, Eloisa E. C., QUEIROZ, Guilherme C. Life cycle inventory for electric energy system in Brazil. *Int J Life Cycle Assess*. 2003. Volume 8, p 290-296. DOI:10.1007/BF02978921.

COLTRO, Leda., MOURAD, Anna L., OLIVEIRA, Paula., BADDINI, José., KLETECKE, Rojane. Environmental Profile of Brazilian Green Coffee. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2006. Volume 11, p 16-21. DOI:10.1065/lca2006.01.230.

COULTER, Neal., MONARCH, Ira., KONDA, Suresh. Software Engineering as Seen through Its Research Literature: a study in co-word analysis. J Assoc Inf Sci Technol. 1998. Volume 49 (13), p 1206–1223. DOI:10.1002/(SICI)1097-4571(1998)49:13<1206::AID-ASI7>3.3.CO;2-6.

D'AGOSTO, Márcio A., RIBEIRO, Suzana K. Assessing total and renewable energy in Brazilian automotive fuels. A life cycle inventory (LCI) approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. Volume 13, p 1326–1337. DOI:10.1016/j.rser.2008.08.008.

ESTRELA, Sandra. I publish, therefore I am. Or am I? A reply to A bibliometric investigation of life cycle assessment research in the web of science databases by Chen et al. (2014) and Mapping the scientific research on life cycle assessment: a bibliometric analysis by Hou et al. (2015). Int J Life Cycle Assess. 2015. Volume 20, p 1601–1603. DOI:10.1007/s11367-015-0951-2.

GOMES, Marcos S P., ARAÚJO, Maria S M. Bio-fuels production and the environmental indicators. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. Volume 13, p 2201–2204. DOI:10.1016/j.rser.2009.01.015.

HOU, Qian., MAO, Guozhu., ZHAO, Li., DU, Huibin., ZUO, Jian. Mapping the scientific research on life cycle assessment: a bibliometric analysis. Int J Life Cycle Assess. 2015. Volume 20, p 541-555. DOI:10.1007/s11367-015-0846-2.

JOSA, Alejandro., AGUADO, Antonio., CARDIM, Arnaldo., BYARS, Ewan. Comparative analysis of the life cycle impact assessment of available cement inventories in the EU. Cement and Concrete Research. 2007. Volume 37, p 781–788. DOI:10.1016/j.cemconres.2007.02.004.

MAYER, Flávio D., BRONDANI, Michel., AITA, Bruno C., HOFFMANN, Ronaldo., LORA, Electo E S. Environmental and Energy Assessment of Small Scale Ethanol Fuel Production. Energy & Fuels. 2015. Volume 29 (10), p 6704-6716. DOI:10.1021/acs.energyfuels.5b01358

MORETTI, Tássia V. Método de Avaliação da Estrutura de Inventários de Ciclo de Vida: Análise para Casos Brasileiros. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – PPGEM. 2011. Curitiba, 112 p.

MOURAD, Anna L. COLTRO, Leda., OLIVEIRA, Paula A P L V., KLETECKE, Rojane M., BADDINI, José P O A. A simple methodology for elaborating the life cycle inventory of agricultural products. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2007. 12:408. DOI: 10.1065/lca2006.09.272.

- OMETTO, Aldo R., HAUSCHILD, Michael Z., ROMA, Woodrow N L. Life cycle assessment of fuel ethanol from sugarcane in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2009. Volume 14, p 236-247. DOI:0.1007/s11367-009-0065-9
- QIAN, Ge. Scientometric sorting by importance for literatures on life cycle assessments and some related methodological discussions. *Int J Life Cycle Assess*. 2014. Volume 19, p 1462–1467. DOI:10.1007/s11367-014-0747-9.
- SETAC. *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1993. Edition 1.
- SILVA, Gil A., KULAY, Luiz. Application of life cycle assessment to the LCA case studies single superphosphate production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2003. Volume 8, p 209-214. DOI:10.1007/BF02978473
- SILVA, Gil A., KULAY, Luiz. Environmental performance comparison of wet and thermal routes for phosphate fertilizer production using LCA - A Brazilian experience. *Journal of Cleaner Production*. 2005. Volume 13, p 1321–1325. DOI:10.1016/j.jclepro.2005.05.004.
- SOARES, Sebastião R., TOFFOLETTO, Laurence., DESCHÊNES, Louise. Development of weighting factors in the context of LCIA. *Journal of Cleaner Production*. 2006. Volume 14, p 649–660. DOI:10.1016/j.jclepro.2005.07.018.
- SOUZA, Cristina G., BARBASTEFANO, Rafael G. Knowledge diffusion and collaboration network s on life cycle assessment. *Int J Life Cycle Assess*. 2011. Volume 16, p 561–568. DOI: 10.1007/s11367-011-0290-x.
- SOUZA, Simone P., GOPAL, Anand R., SEABRA, Joaquim EA. Life cycle assessment of biofuels from an integrated Brazilian algae-sugarcane biorefinery. *Energy*. 2015. Volume 81, p 373–381. DOI:10.1016/j.energy.2014.12.050.
- WANG, Ming-Huang., YU, Te-Chen., HO, Yuh-Shan. A bibliometric analysis of the performance of Water Research. *Scientometrics*. 2009. Volume 84, p 813–820. DOI:10.1007/s11192-009-0112-0.
- XU, Yaoyang., BOEING, Wiebke J. Mapping biofuel field: A bibliometric evaluation of research output. *Renew Sustainable Energy Rev*. 2013. Volume 28, p 82–91. DOI:10.1016/j.rser.2013.07.027.
- ZANGHELINI, Guilherme M., CHERUBINI, Edivan., GALINDRO, Bruno M., ALVARENGA, Rodrigo A F., SOARES, Sebastião R. A Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil na Última Década. IV Congresso Brasileiro Sobre Gestão Pelo Ciclo de Vida. Novembro de 2014 - São Bernardo do Campo – SP – Brasil. 2014. DOI:10.13140/2.1.4672.1601.
- ZANGHELINI, Guilherme M., DESOUZA, Henrique RA., KULAY, Luiz., CHERUBINI, Edivan., RIBEIRO, Paulo T., SOARES, Sebastião R. A Bibliometric Overview of Brazilian LCA Research. *Int J Life Cycle Assess*. *Regional Topics from Latin America*. 2016. Volume 21, p 1759–1775. DOI:10.1007/s11367-016-1132-7.