

Desenvolvimento acadêmico brasileiro em Análise do Ciclo de Vida: tendências e perspectivas

Leila Mendes da Luz (UTFPR, Brasil) leila.mendesdaluz@gmail.com

Cassiano Moro Piekarski (UTFPR, Brasil) cassianopiekarski@gmail.com

Lidiana Zocche (UTFPR, Brasil) lidianazocche@hotmail.com

Antonio Carlos de Francisco (UTFPR, Brasil) acfrancisco@utfpr.edu.br

Abstract

This study aimed to evaluate the trends and perspectives of Brazilian academic development in relation to the Life Cycle Analysis (LCA). For this reason, was developed a bibliographic research, qualitative and exploratory, where were analyzed 125 studies between theses and dissertations obtained by a survey on the "database of theses and dissertations" of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). Studies that are related to LCA application were analyzed in relation to purpose of the application of LCA, the knowledge area and institution where the study was conducted. This study may provide an overview of the scenario of research developed in LCA area in Brazil, demonstrating the main trends in the application of LCA in the country.

Key-words: academic development, Life Cycle Analysis, Brazil.

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar as tendências e perspectivas do desenvolvimento acadêmico brasileiro em relação à Análise do Ciclo de Vida (ACV). Para isso, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e exploratória, onde foram analisados 125 estudos, entre teses e dissertações obtidas por meio de levantamento no "banco de teses e dissertações" da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os trabalhos que se referiam a aplicação da ACV (55 trabalhos) foram analisados em relação ao objetivo da aplicação da ACV, a área de conhecimento e instituição onde o estudo foi desenvolvido. Uma das tendências percebidas com os estudos analisados é que estes estão deixando de apresentar caráter teórico sobre a ACV passando a aplicação da ACV principalmente nas áreas de engenharia mecânica, produção, civil, química e ambiental. Este estudo pode proporcionar uma visão geral do cenário e tendências das pesquisas desenvolvidas na área de ACV no Brasil.

Palavras-chave: desenvolvimento acadêmico, análise do ciclo de vida, Brasil.

1. Introdução

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) vem se tornando elemento chave em políticas ambientais ou em ações voluntárias nos países da União Europeia, nos Estados Unidos da

América, Japão, Coréia, Canadá, Austrália e em ascensão em países como a Índia e, recentemente, China (GUINÉE, 2011). No Brasil a aplicação da ACV ainda encontra-se em fase incipiente, sendo pouco explorada no meio industrial quando comparado a países desenvolvidos, como os da União Europeia.

No entanto, com a crescente preocupação relacionada aos impactos ambientais causados pelas atividades industriais sobre o meio ambiente, iniciativas vêm sendo tomadas para a difusão da ACV como ferramenta de gestão ambiental. Devido a isso, nos últimos anos o número de pesquisas na área acadêmica brasileira sobre ACV vem crescendo em várias direções, apresentando assim, grandes perspectivas de desenvolvimento.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar as tendências e perspectivas do desenvolvimento acadêmico brasileiro em relação à Análise do Ciclo de Vida. Este estudo justifica-se pelo fato de proporcionar uma visão geral do cenário das pesquisas desenvolvidas na área de ACV no Brasil, demonstrando as principais tendências dos estudos de ACV no país. Para atingir este objetivo, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e exploratória, onde foram apresentados alguns conceitos referentes ao tema, bem como algumas características dos estudos desenvolvidos nesta área.

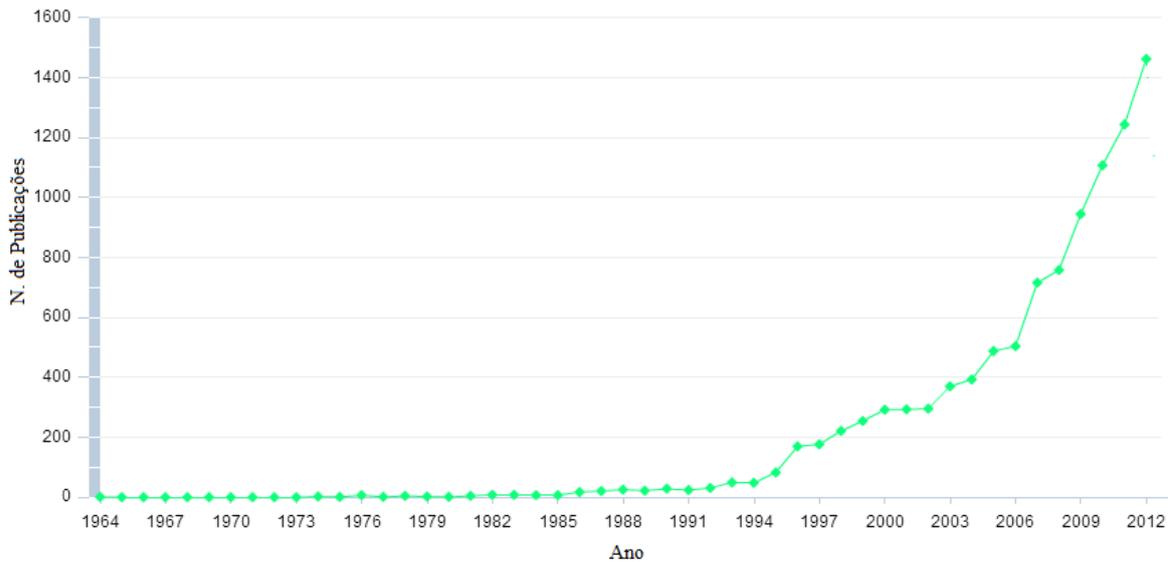
2. Análise do Ciclo de Vida (ACV)

Segundo Lundie e Peters (2005) a ACV foi desenvolvida para levar em conta questões que não eram abrangidas por outras ferramentas de gestão ambiental, apresentando-se útil como técnica para comparar duas ou mais alternativas em termos de impactos ambientais e sustentabilidade ambiental.

Os primeiros estudos de ACV datam os anos 1960 e início dos anos 1970, um período em que as questões ambientais como recursos e eficiência energética, controle de poluição e de resíduos sólidos tornaram-se questões de amplo interesse público. Um dos primeiros estudos foi conduzido pelo *Midwest Research Institute* (MRI) para a Coca Cola, onde foram quantificadas as necessidades de recursos, emissões e fluxo de resíduos de diferentes tipos de embalagem para bebidas (GUINNÉ et al., 2011).

A partir de então, um crescente interesse pela ACV é percebido e o modelo desenvolvido pelo MRI foi sendo aperfeiçoado até chegar à metodologia que hoje é conhecida como Análise do Ciclo de Vida. Esse interesse pela ACV torna-se evidente pelo número de pesquisas relacionadas ao tema que vem sendo desenvolvidas na área acadêmica mundial.

Figura 1 - Evolução das pesquisas em ACV no meio acadêmico na base SCOPUS



Fonte: Base de dados SCOPUS (2013)

Os dados apresentados na Figura 1 foram obtidos mediante busca do termo “*life cycle assessment*” na base de dados *Scopus* em maio de 2013 e demonstram que nos últimos anos ocorreu um aumento significativo nas atividades de pesquisas em ACV. As primeiras publicações que constam nesta base ocorreram no ano de 1964, apresentando um crescimento mais acelerado a partir da década de 90.

Atualmente, de acordo com Löfgren, Tillman, e Rinde (2011), a ACV é tida como a metodologia mais importante na gestão ambiental moderna. E é definida como uma técnica que visa abordar os aspectos ambientais de um produto (bens e/ou serviços) e seus potenciais impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto (UNEP, 2009). Isto inclui toda a sequência de atividades executadas na criação de um produto ou realização de um serviço (UNEP/SETAC, 2011). Ou seja, considera a extração e consumo de recursos (incluindo energia), bem como emissões para o ar, água e solo, desde a aquisição de matérias primas, fabricação, distribuição, utilização, reutilização, manutenção e reciclagem até a disposição final (UNEP, 2009; UNEP/SETAC, 2011).

Assim, a ACV apresenta uma perspectiva de avaliação "do berço ao túmulo", considerando que todas as etapas envolvidas no ciclo de vida de um produto ou atividade que têm responsabilidade sobre as consequências ambientais da mesma (LACA, HERRERO e DÍAZ, 2011). Estas consequências estão relacionadas as categorias de impacto ambiental que incluem as alterações climáticas, humanas e eco-toxicidade, radiação ionizante, e deterioração da base de recursos (por exemplo, água, recursos energéticos primários não renováveis e terra) (UNEP/SETAC, 2011).

Segundo a ISO 14040 a ACV é 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 do estudo (ABNT, 2009). Assim, a ACV consiste em quatro fases, definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação:

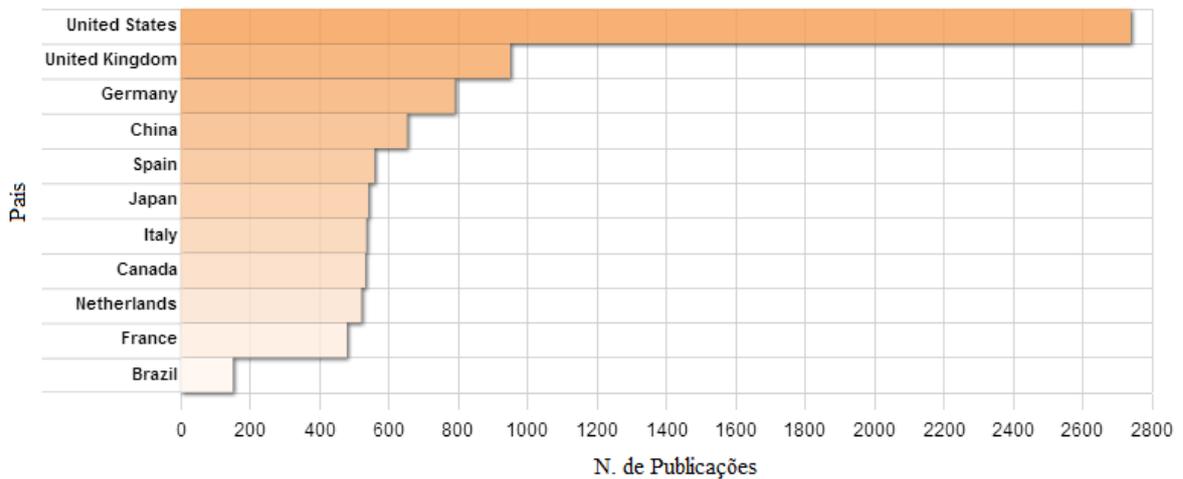
- Definição do objetivo e escopo: o objetivo de um estudo ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo ISO 14040 (ABNT, 2009a). Já o escopo compreende a abrangência do estudo. De acordo com os autores, Sherwani, Usmani, Varun (2010); Pieragostini, Mussat, Aguirre (2012); Zhou, Chang, Fane (2011) e Roy et al. (2009), devem ser demonstrados claramente no escopo o sistema de produto a ser estudado, as fronteiras do sistema, a unidade funcional e os limites do sistema.
- Análise do inventário (ICV): envolve um extenso banco de dados de materiais envolvidos no produto ou sistema incluindo o levantamento, a coleta e a análise dos dados necessários para a ACV (JIJAKLI, 2012; OLSEN et al., 2001 e GUINNÉ et al., 2011).
- Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV): consiste em estudar a significância dos impactos ambientais, a partir dos dados do inventário. Ao final da avaliação de impacto do ciclo de vida, tem-se como resultado final um perfil ambiental do sistema de produto em estudo, conforme definido no objetivo e escopo. Esses resultados serão interpretados na última fase da estrutura metodológica da avaliação do ciclo de vida (BENEDETTO e KLEMES, 2009).
- Avaliação do ciclo de vida: compreende a interpretação. Nesta fase são avaliadas as informações da análise de inventário e avaliação do impacto do sistema e propor conclusões de acordo com os objetivos traçados na primeira fase do estudo (BENEDETTO e KLEMES, 2009, JIJAKLI, 2012 e ISO 1440, 2009).

De acordo com Guinée (2001) a ACV vem sendo aplicada tendo em vista objetivos para tomada de decisões em diferentes situações, que vão desde para o uso interno a comparações públicas. Segundo o autor, as principais aplicações da ACV estão em: analisar as origens dos problemas relacionados a um determinado produto; possibilitar melhorias por meio da comparação de variantes de um determinado produto; promover a concepção de novos produtos; e, possibilitar a escolha entre uma série de produtos comparáveis.

Devido a estes fatores, a ACV é uma ferramenta cada vez mais importante de avaliação, auxiliando na tomada de decisão e discussão das partes interessadas, especialmente quando aplicado durante a fase de planejamento, que pode identificar as etapas do processo com um elevado impacto ambiental e, assim, fornecer orientações para otimizar a implementação real da tecnologia (SCHMIDINGER e NARODOSLAWSKY, 2008).

Por estes e outros motivos a ACV vem sendo amplamente aplicada em países desenvolvidos, que apresentam número significativo de estudos em ACV, principalmente quando comparados a países em desenvolvimento. A Figura 2 apresenta o *ranking* dos 10 países que mais desenvolveram estudos em ACV em comparação com o Brasil.

Figura 2 – Estudos em ACV por país



Fonte: Base de dados *SCOPUS* (2013)

Observando a figura citada (considerando os trabalhos indexados na base de dados *scopus*), têm-se que os Estados Unidos apresenta o maior número de estudos em ACV, demonstrando que esta prática é mais consolidada neste país em comparação com os demais países. O Brasil atualmente apresenta-se como o décimo nono país em número de publicação em ACV, com um total de 151 publicações.

Isso demonstra que no Brasil os estudos acadêmicos relacionados à aplicação desta metodologia são recentes, em consequência disto, apresentam algumas dificuldades e limitações. A indisponibilidade de grande quantidade de dados e bancos nacionais específicos para a realidade do país constituídos por inventários de ciclo de vida tem demonstrado ser um fator limitante da ACV. Burgess e Brennan (2001) relatam que muitos estudos de ACV param na fase de análise de inventário devido a essas complexidades.

No entanto, mesmo com estas limitações o número de pesquisas na área acadêmica brasileira apresenta grandes perspectivas de desenvolvimento, apresentando, contudo algumas características próprias. Nos tópicos a seguir serão apresentados alguns dados que demonstram tal argumento.

3. Metodologia

Para atingir o objetivo de avaliar as tendências e perspectivas do desenvolvimento acadêmico brasileiro em relação à Análise do Ciclo de Vida realizou-se uma pesquisa bibliográfica, qualitativa e exploratória. Onde foram analisados estudos desenvolvidos na área acadêmica brasileira.

A seleção dos trabalhos para estudo foi feita mediante consulta do termo “Avaliação do Ciclo de Vida” e da sigla “ACV” no “banco de teses e dissertações” da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em maio de 2013. Foram selecionados para análise teses e dissertações que apresentaram o termo ou a sigla no título, resumo ou palavras-chave. O período de análise abrangeu os anos de 1987 a 2012.

O banco de teses e dissertações foi escolhido como base de pesquisa por ser considerada uma base de caráter nacional e por abranger programas de pós-graduação das diferentes áreas de pesquisa, de modo a envolver o maior número possível de estudos.

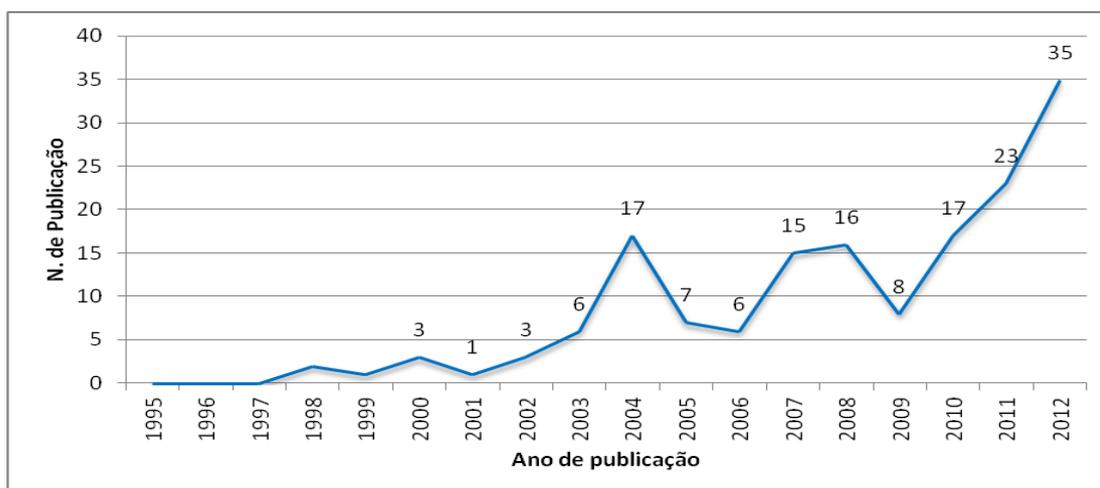
Ao todo foram encontradas 44 Teses e 157 Dissertações, totalizando 201 trabalhos. Após a leitura do título e resumo foram excluídos os trabalhos que, apesar de possuir o termo ou a sigla pesquisada, não se referiam propriamente a um estudo em ACV. Após esta seleção, restaram 160 trabalhos para estudo. Estes foram analisados em duas etapas.

Na primeira etapa os trabalhos foram analisados em relação ao tipo de estudo, onde foram separados, levando-se em consideração os seguintes aspectos: a) trabalhos que possuíam uma aplicação da ACV; b) trabalhos que possuíam uma abordagem teórica sobre ACV; c) trabalhos que tratavam da ACV com foco no aperfeiçoamento da metodologia empregada; d) estudos referentes ao Inventário do Ciclo de Vida; e) os trabalhos que não se enquadravam em nenhuma das situações anteriores, portanto não se configurando como um estudo de ACV propriamente dito. Na segunda etapa os trabalhos que se referiam a aplicação da ACV foram analisados em relação ao objetivo que levou a aplicação da ACV, área de conhecimento e instituição onde o estudo foi desenvolvido. Os resultados obtidos podem ser observados na sequência.

4. Resultados e Discussões

Com base nos estudos encontrados e analisados a partir do “banco de teses e dissertações da CAPES” pode-se perceber que uma das primeiras iniciativas em estudos de ACV na área acadêmica brasileira surgiu em meados do ano de 1998, sendo que o primeiro estudo que consta na base estudada foi desenvolvido por Almeida (1998), onde a autora desenvolveu um estudo com objetivo de estudar a Técnica de Análise do Ciclo de Vida e sua Aplicação como Ferramenta de Gestão Ambiental nas Empresas. A partir deste ano houve um crescimento tênue, apresentando um aumento significativo do número de estudos desenvolvidos em 2004, decaindo, no entanto, nos dois anos seguintes, voltando a crescer de forma mais intensa a partir de 2007, porém com algumas oscilações, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Evolução dos estudos citando a ACV no banco de teses e dissertações da CAPES.

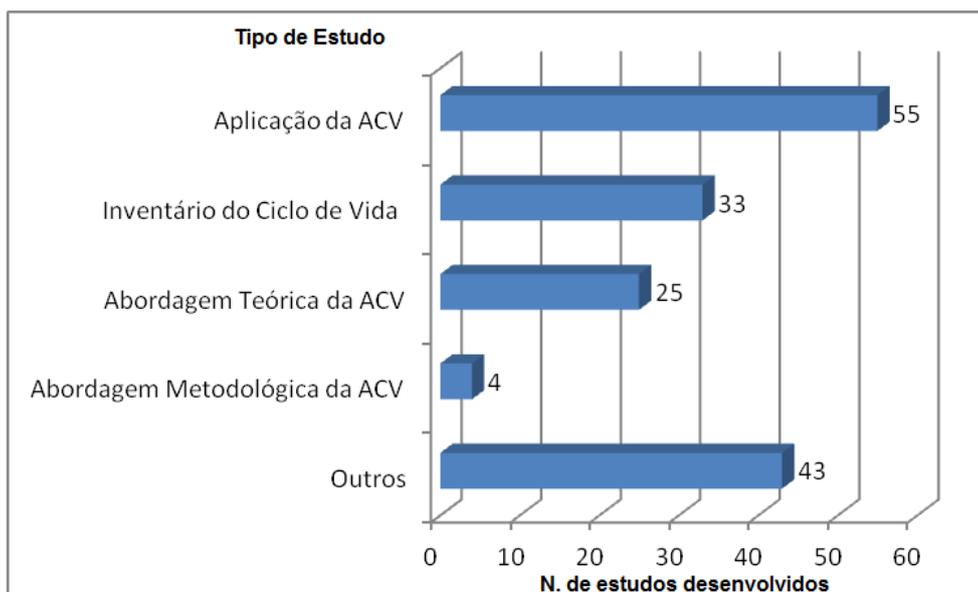


Fonte: Autoria própria (2013)

Dos estudos analisados a predominância dos trabalhos está relacionada à aplicação da ACV em alguma área do conhecimento, conforme observado na Figura 4. No entanto, apesar de muitos estudos citarem a ACV nota-se que uma porcentagem significativa de estudos se refere apenas ao inventário do ciclo de vida (ICV), que segundo a ISO 14040, constitui a terceira etapa da realização da ACV. Esta característica dos estudos pode estar relacionada ao fato de que uma das limitações encontradas para aplicação da ACV é a falta de inventário disponível que condiz às condições brasileiras, como citado por Macedo (2011). Desta forma, alguns estudos se limitam a fase de construção desses inventários, e muitas vezes por falta de dados disponíveis não é possível à realização completa da ACV.

Outras limitações encontradas nos estudos realizados estão relacionadas ao fato de que para a realização da ACV é necessário um extenso levantamento de dados, o que muitas vezes gera dificuldade na coleta de dados e em conseguir informações completas (SANTOS, 2007 e Carvalho 2010). Além disso, há limitações ligadas a normalização, especialmente relacionadas com a escolha da área de referência e incerteza adicional relacionada com a falta de dados apropriados (RENÓ, 2011).

Figura 4 - Tipos de estudo referente a ACV



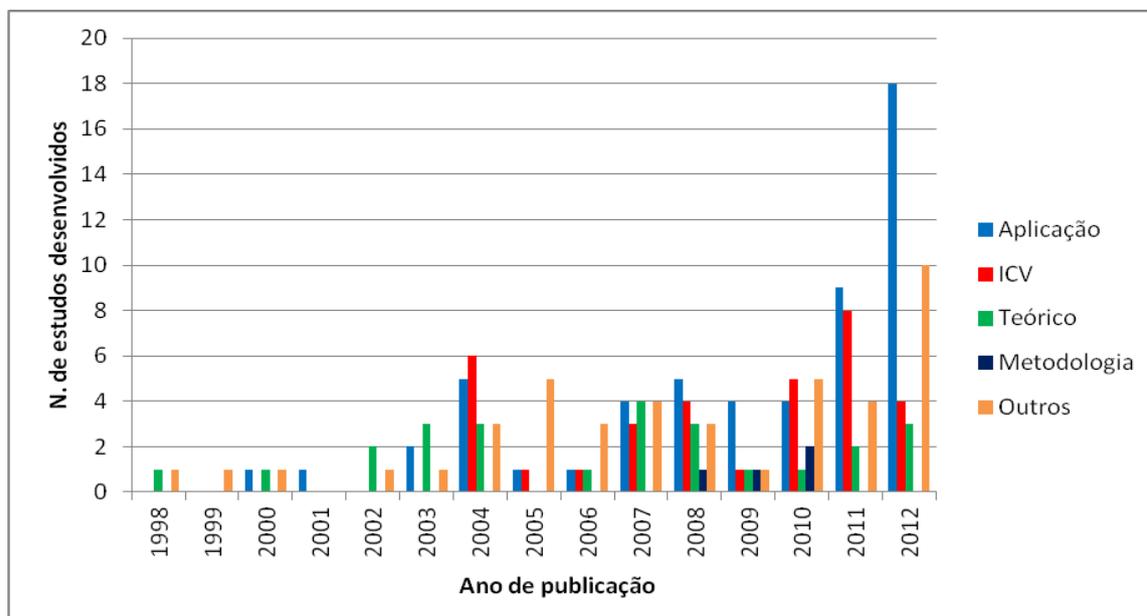
Fonte: Autoria própria (2013)

Como a metodologia da ACV ainda encontra algumas dificuldades para aplicação no setor industrial brasileiro, alguns trabalhos foram desenvolvidos visando o aperfeiçoamento de algum ponto da metodologia da ACV de modo a melhor atender as condições brasileiras. Alguns destes estudos tiveram como objetivo: o desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais, a proposição de fatores de caracterização para um modelo de ACV para o Brasil, o estudo de metodologias de avaliação de impacto do ciclo de vida e a normalização de critérios ambientais aplicados a ACV.

Há ainda os estudos que se referiam a uma abordagem teórica da ACV e os que não se tratavam de um estudo de ACV propriamente dito (classificados como "outros" na Figura 4). Estes últimos incluem trabalhos que não se enquadraram nos tipos de estudos anteriores, sendo realizados, por exemplo, para avaliar as características dos softwares de apoio a ACV. Foram também incluídos neste item, trabalhos que se tratavam de Análise de

Fluxo de Materiais (AFM) e trabalhos que abordavam sistemas de gestão ambiental e programas de gestão ambiental, métodos para escolhas de processos considerando o impacto ambiental, análise de ecoeficiência, trabalhos relacionados à redução de custos ambientais, entre outros. A disposição destes estudos por ano de publicação pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 - Tipos de estudos desenvolvidos por ano



Fonte: Autoria própria (2013)

De acordo com dados analisados nota-se uma tendência de que os estudos que se referem a aplicação da ACV no país ganhem maior destaque, pois a medida que a metodologia vem se consolidando no país, o número de trabalhos que apresentam uma abordagem teórica da ACV vem diminuindo.

Em relação aos objetivos que levaram a aplicação da ACV, os 55 trabalhos incluídos nesta categoria de estudo, foram desenvolvidos buscando atender diferentes objetivos, que estão relacionados aos apresentados por Guiné (2001). O Quadro 1 apresenta um resumo das principais finalidades da aplicação da ACV nos estudos analisados.

Quadro 1 - Objetivo da aplicação da ACV

Objetivo da aplicação da ACV	Autores
Avaliação de performance/perfil ambiental de produto ou processo	Sallaberry (2009); Takahashi (2008); Warmling (2004); Renó (2011); Lins (2009); Sansão (2011); Ribeiro (2011); Sant'ana (2011); Galindro (2012); Silva (2012); Almeida (2012); Silva (2012); Souza (2012); Barbosa (2012); Silva (2012)
Propor um método para verificação do desempenho ambiental quando da substituição de equipamentos em Programas de Uso Racional da Água usando a ACV	Kalbusch (2011)
Comparação do impacto ambiental de diferentes	Ugaya (2001)

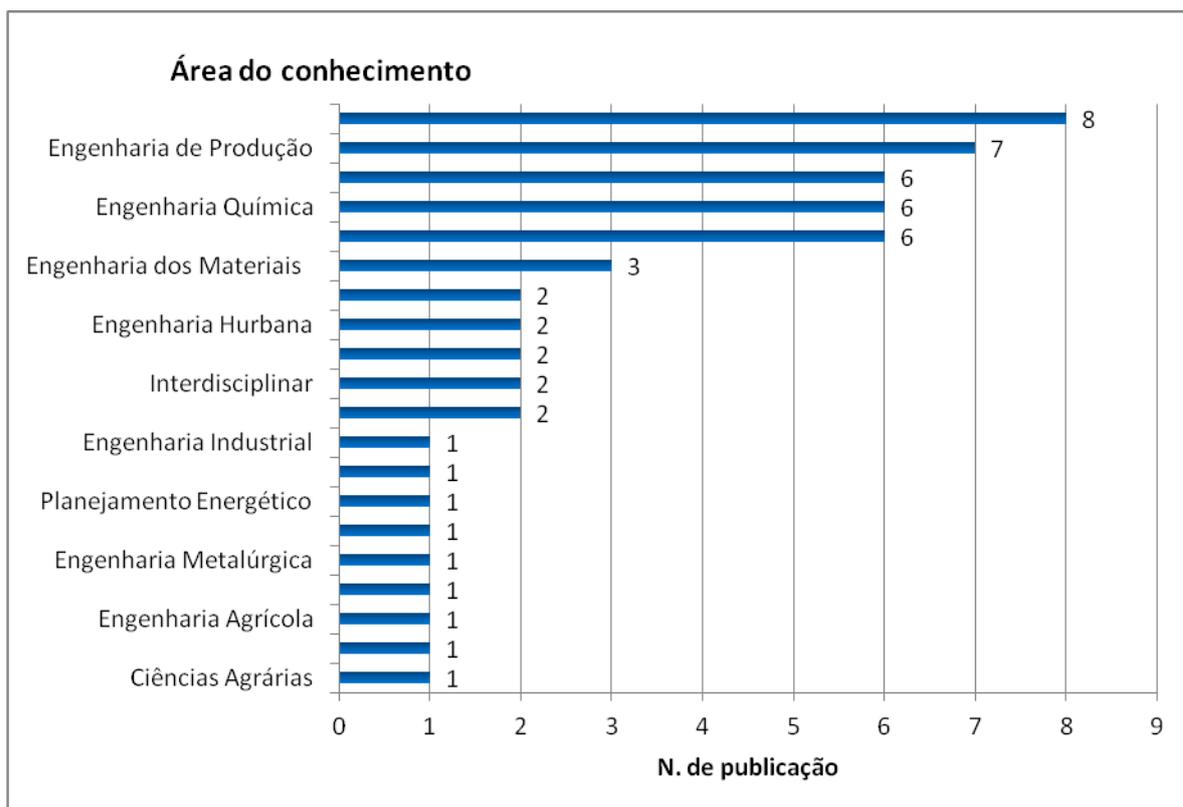
materiais (primários e secundários)	
Identificar produto de menor impacto para o meio ambiente	Hill (2010); Valt (2004); Santos (2007); Passuello (2007); Botolin (2009); Santos (2010); Sugawara (2012)
Comparação do desempenho ambiental de sistema de produção	Kulay (2004); Olszensvski (2001); Arantes (2008); Oliveira (2006); Rocha (2009); Santos (2012); Nigri (2012)
Avaliar desempenho ambiental de sistema de produção	Casaca (2008); Ibrahim (2007); Pretto (2003); Silva (2005); Miranda (2012)
Avaliar diferentes alternativas de tratamento de resíduos	Machado (2003); Leme (2010)
Avaliar a carga ambiental (impactos ambientais) relacionada ao ciclo de vida do produto	Sablowski (2008); Remédio (2004); Oliveira (2004); Trajano (2010); Souza (2012)
Comparação de diferentes cenários	Silva Júnior (2011); Oliveira (2007); Angarita (2008); Noletto (2011); Victoria (2012); Branco (2012); Medeiros (2012)
Propor um modelo de ACV que seja adaptado às condições brasileiras	Kulay (2000)
Comparação das emissões do ciclo de vida do produto com critérios da diretiva europeia	Grisoli (2011)
Contribuição do Enfoque de Ciclo de Vida da Ecologia Industrial na Economia do Meio Ambiente	Rojas (2012)
ACV foi empregada para Avaliar a Pegada de Carbono	Gonçalves (2012); Maranduba (2012)

Fonte: Autoria própria (2012)

Nota-se que os principais motivos da aplicação da ACV estão relacionados a: avaliação de performance/perfil ambiental de um produto ou processo – na maior parte dos casos tendo em vista a identificação de oportunidades de melhoria no desempenho ambiental; comparação do desempenho ambiental de produtos e sistemas de produção – para identificar o produto de menor impacto no meio ambiente; avaliar os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do produto; e, comparação de diferentes cenários.

Estes estudos de ACV estão sendo desenvolvidos em diversas áreas do conhecimento, no entanto apresenta uma predominância nas áreas de engenharia mecânica, produção, civil, química e ambiental, indicando uma tendência para a consolidação da ACV primeiramente nestas áreas, conforme observado na Figura 6.

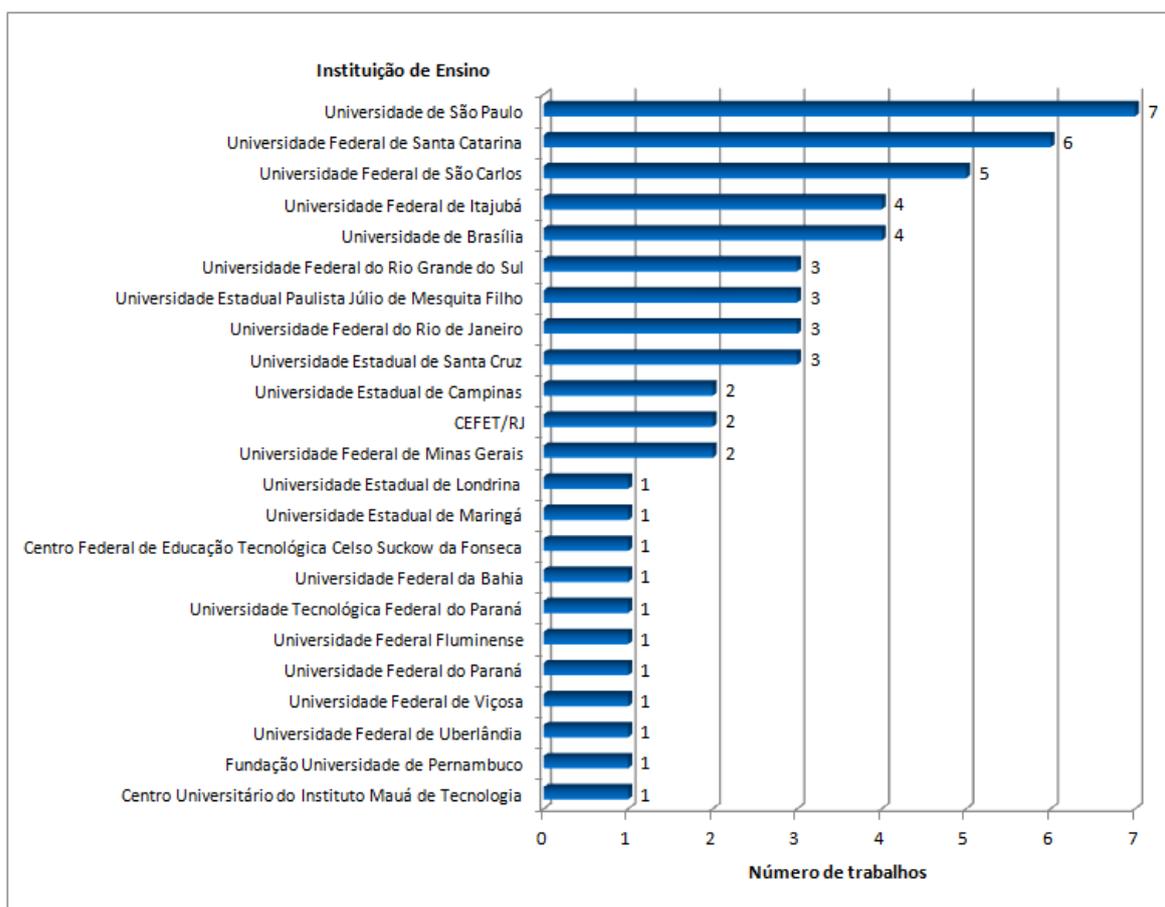
Figura 6 - Área de conhecimento dos estudos de ACV



Fonte: Autoria própria (2013)

Estas áreas de estudos estão relacionadas a pesquisadores vinculados a programas de pós-graduação de diferentes Instituições de Ensino, estas podem ser observadas na Figura 7. Das Instituições de Ensino que estão pesquisando o tema da ACV, a Universidade de São Paulo (USP), é a instituição que mais apresenta estudos desenvolvidos na área. Podendo por este quesito ser considerada a principal colaboradora para o desenvolvimento acadêmico da ACV no país, seguida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e demais instituições apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Instituições de ensino onde estudos de ACV foram desenvolvidos



Fonte: Autoria própria (2013)

Estes resultados estão relacionados ao fato das instituições apresentarem grupos de pesquisa que desenvolvem estudos em ACV. A USP apresenta um grupo denominado “Grupo de Prevenção a Poluição/GP2”, onde são desenvolvidos projetos dentro das áreas de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, dentre eles a ACV.

A UFSC possui um Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida denominado CICLOG, criado em 2006 junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Pesquisa (CNPq), tem a finalidade de desenvolver pesquisas relacionadas à ACV. As pesquisas concentram-se no desenvolvimento e aprimoramento da metodologia de ACV e de sua melhor aplicação para as condições ambientais do Brasil (CICLOG, 2013).

Diante do exposto, nota-se a tendência de que a ACV passe com o tempo a ser uma ferramenta importante de gestão ambiental para as organizações à medida que os estudos de ACV forem se consolidando no país.

5. Conclusões

Este estudo teve como objetivo avaliar as tendências e perspectivas do desenvolvimento acadêmico brasileiro em relação à Análise do Ciclo de Vida, assim pode-se perceber que

apesar dos estudos de ACV no país serem recentes quando comparados a outros países, estes apresentam grandes perspectivas de desenvolvimento.

Uma das tendências percebidas com os estudos analisados é que à medida que estudos de ACV estão sendo desenvolvidos pelos grupos de pesquisa vinculados aos programas de pós-graduação, estes estão deixando de apresentar caráter teórico sobre a ACV, passando a um número maior de estudos relacionados a aplicação da ACV principalmente nas áreas de engenharia mecânica, produção, civil, química e ambiental.

Apesar da ACV ainda apresentar algumas limitações como a falta de Inventário do Ciclo de Vida, estudos vem sendo desenvolvidos para tentar minimizar estas limitações através a construção de ICVs que poderão colaborar para o desenvolvimento de estudos futuros. Embora ainda exista a necessidade de aprofundamento e ampliação dos estudos para a ACV se consolidar efetivamente no Brasil, nota-se uma perspectiva de que a ACV passe com o tempo a ser uma ferramenta importante de gestão ambiental para as organizações. Assim, a exploração da ACV no meio industrial poderá ocorrer de forma mais efetiva e consistente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040:** Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

BENETTO, E.; BECKER, M.; WELFRING, J. Life Cycle Assessment of Oriented Strand Boards (OSB): from Process Innovation to Ecodesign. *Environmental Science & Technology*, v.43, n.15, p. 6003-6009, 2009.

BURGESS, A. A.; BRENNAN, D.J. Application of life cycle assessment to chemical processes. *Chemical Engineering Science*, v. 56, p. 2589-2604, 2001.

GUINÉE, J. B.; GORÉE, M; HUPPES, R, H. G.; KLEIJN. R.; KONING, A.; SLEESWIJK, L. O. A. W.; SUH, S.; HAES, H. A. U. **Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards**. Publisher: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001

GUINÉE, J. B., REINOUT, H., GJALT, H., ZAMAGNI, A., MASONI, P., BUONAMICI, R., EKVALL, T., RYDBERG, T. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n.1, p. 90-96, 2011.

JJAKLI, K.; ARAFAT, H.; KENNEDY, S.; MANDE, P. How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach. *Desalination*, v.287, n.15, p.123-131, 2012.

LÖFGREN, B.; TILLMAN, A.; RINDE, B. Manufacturing actor's LCA. **Journal of Cleaner Production**, 19(17-18), 2025-2033, 2011.

LUNDIE, S.; PETERS, G. M. Life cycle assessment of food waste management options. **Journal of Cleaner Production**, 13, 275-286, 2005.

OLSEN, S. I.; CHRISTENSEN, F. M.; HAUSCHILD, M.; PEDERSEN, F.; LARSEN, H. F.; TORSLOV, J. Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison. *Environmental Impact Assessment Review*, v.21, n.4, p. 385-404, 2001.

PIERAGOSTINI, C.; MUSSATI, M. C.; AGUIRRE, P. On process optimization

considering LCA methodology. *Journal of Environmental Management*, v. 96, n.1, p. 43-54, 2012.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, v. 90, n.1, p.1-10, 2009.

SCHMIDINGER, A. N.; NARODOSLAWSKY, M. Life Cycle Assessment as an engineer's tool. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 2, p. 245-252, 2008.

SHERWANI, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUN, C. Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 1, p. 540–544, 2010.

UNEP. **Guidelines for social life cycle assessment of products**. UNEP/SETAC, 2009. Disponível em: < http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf>. Acesso em mar. 2013.

ZHOU, J., CHANG, V. W.C., FANE, A. G. (2011). Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results. *Desalination*, 283(1), 227–236.

CICLOG. Grupo de Pesquisas em Avaliação do Ciclo de Vida. Disponível em: <<http://www.ciclodevida.ufsc.br/c.php>>. Acesso em: 5 de março de 2013.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio para a realização desta pesquisa e a **Fundação Araucária** de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná.