

# CONTRIBUIÇÃO À APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## CONTRIBUTION TO THE APPLICATION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE CEMENT INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW

Renato Ribeiro Siman\*  
Ana Luiza Garcia Pedrosa de Oliveira e Souza\*\*  
Lorena Ferreira Carpes\*\*\*  
Marcus Camilo Dalvi Garcia\*\*\*\*

### RESUMO

A ACV é uma ferramenta que avalia os impactos de um produto, processo ou sistema no conjunto de seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até a disposição final, sendo o método mais adequado em termos de avaliação global e multicriterial de impactos ambientais e que resulta da interpretação do balanço do fluxo de matérias e energias relacionadas a cada etapa do ciclo de vida de seus produtos, expressos em impactos potenciais sobre o meio ambiente. A maior dificuldade na elaboração da ACV encontra-se na etapa da análise de inventário, a qual envolve a coleta de dados e a realização de procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de um produto. O presente trabalho realizou uma revisão bibliográfica acerca da aplicação da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida na indústria cimenteira, identificando estudos no Brasil e no mundo na área, os principais softwares utilizados e principais fatores que interferem na confiabilidade dos resultados da ACV em cimento. Observou-se que o resultado da ACV no cimento é afetado significativamente pelas características tecnológicas e operacionais do processo industrial, composição química e mineralógica das matérias-primas, matriz energética e da definição das fronteiras do sistema para se efetuar um estudo de ACV. A utilização de uma base de dados estrangeira pode interferir nos resultados comprometendo a etapa de interpretação e conseqüente conclusão. No Brasil, existem poucos estudos nessa área.

**Palavras-chave:** Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Cimento. Base de dados.

### ABSTRACT

LCA is a tool that assesses the impacts of a product, process or system in all of its life cycle, from the extraction of raw materials to final disposal being the most appropriate in terms of global and multi-criteria assessment of impacts and environmental interpretation of the resulting balance the flow of material and energy related to each stage of the life cycle of their products, expressed as potential impacts on the environment. The major difficulty in developing the LCA is in the inventory analysis

---

\*Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br)

\*\*Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. [analuiza.gpos@gmail.com](mailto:analuiza.gpos@gmail.com)

\*\*\*Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. [lorenafcarpes@gmail.com](mailto:lorenafcarpes@gmail.com)

\*\*\*\*Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. [mcamilodalvi@gmail.com](mailto:mcamilodalvi@gmail.com)

step, which involves the collection of data and procedures of calculation to quantify relevant inputs and outputs of a system of a product. This study conducted a literature review on the application of the methodology of Life Cycle Assessment in the cement industry, identifying studies in Brazil and in the world in the area, the main software used and the main factors affecting the reliability of LCA results on cement. It was observed that the results of LCA in cement is significantly affected by technological and operational characteristics of the industrial process, chemical and mineralogical composition of raw materials, energy sources and the definition of the boundaries of the system to perform an LCA study. The use of a foreign database may influence the results compromising the interpretation step and the subsequent completion. In Brazil, there are few studies in this area.

**Keywords:** Life Cycle Assessment (LCA). Cement. Database.

## **Introdução**

A população mundial recentemente atingiu a marca de 7 bilhões de habitantes. A principal consequência deste contínuo aumento populacional é a demanda crescente por bens de consumo, empregos, serviços e, principalmente, obras de infraestrutura básica, tais como pontes, barragens, escolas, hospitais e redes de saneamento. Todas essas necessidades estão intimamente relacionadas com as atividades da indústria da construção civil. Dentro deste contexto, evidencia-se a importância de um material tão utilizado na construção civil: o cimento.

O mercado cimenteiro nacional emprega 23 mil trabalhadores e é composto por 12 grupos cimenteiros com 70 fábricas espalhadas por todas as regiões brasileiras. O Brasil é o maior produtor de cimento da América Latina, com 30% da produção da região, que em 2008 produziu 153,4 milhões de toneladas (SNIC, 2009).

Se por um lado, o cimento é a base indispensável para que sejam construídas casas, hospitais, escolas, sistemas de saneamento e transporte gerando emprego, renda e qualidade de vida, por outro, os impactos ambientais negativos não são negligenciáveis: extração de matéria-prima, consumo de água e energia, emissão de dióxido de carbono e outros gases efeito estufa, disposição final dos resíduos.

Os impactos relacionados ao processo produtivo do cimento acontecem em todas as suas fases, desde a extração da matéria-prima, passando pela produção, até a disposição final. A indústria do cimento é uma atividade que apresenta elevado potencial poluidor. Há fontes de poluição em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clínquerização no forno rotativo e resfriamento

do clínquer, moagem do clínquer adições e produção de cimento, ensacamento e expedição do produto; e pontos de transferência de materiais. Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características tecnológicas e operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição química e mineralógica das matérias-primas, e da composição química dos combustíveis empregados; da marcha operacional dos fornos de clínquer, e da eficiência dos sistemas de controle de emissão de poluentes instalados (SANTI; SEVÁ FILHO, 2004). Em 2009, a emissão específica de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento brasileiro foi de 428 kg CO<sub>2</sub>/ton cimento (SNIC, 2009).

Assim, torna-se indispensável a utilização de uma ferramenta analítica capaz de servir como suporte a decisões de gestão ambiental. Dentre as ferramentas existentes, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é recomendada por importantes entidades como SETAC (*Society of Environment Toxicology and Chemistry*), ISO (*International Organization for Standardization*) e ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*), US EPA (*US Environmental Protection Agency*). Destaca-se, nesse contexto, a importância deste projeto, uma vez que contextualiza e estimula as indústrias cimenteiras brasileiras a utilizarem a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida e incentiva à aplicação de ACV como ferramenta de gestão ambiental certificada pela ISO 14000.

O Brasil atualmente carece de um banco de informações que possibilita a aplicação da ACV, por isso, a importação de dados de outros países é uma prática recorrente. No entanto, tal medida interfere na confiabilidade dos resultados podendo levar a conclusões equivocadas. Evidencia-se a importância da adesão do setor cimenteiro na aplicação de ACV no seu processo produtivo e consequente construção de um inventário de dados brasileiro representativo. Assim, será possível alcançar uma maior confiabilidade no resultado de futuras pesquisas na área de construção civil e consequente fortalecimento da comunidade científica nacional.

Para a realização deste trabalho, coletaram-se artigos científicos, capítulos de livros, documentos técnicos, relatórios de estudo, teses e dissertações abrangendo a temática do projeto para estudo aprofundado. Verificou-se o banco de dissertações e teses das principais universidades do país BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), curriculum Lattes dos profissionais associados ao ABCV – Associação Brasileira de Ciclo de Vida; as bibliotecas digitais internacionais *Science Direct*, *Techniques d'Ingénieur*, ASCE (*American Society of Civil Engineers*); organizações

nacionais como ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), SNIC (Sindicato Nacional da Indústria do Cimento) e organizações internacionais como LCI (*Life Cycle Initiative*), CSI (*Cement Sustainability Initiative*), CEMBUREAU (Associação Europeia da indústria de Cimento), identificando a estudos de ACV no Brasil e no mundo aplicados na produção de cimento; principais softwares e identificação de fatores que influenciam a confiabilidade dos estudos de ACV no cimento.

### **ACV aplicada ao cimento**

Dentre as mais de 30 ferramentas disponíveis para se fazer uma ACV, algumas são mais aplicáveis do que outras para uso da indústria do cimento. As ferramentas mais úteis para a indústria do cimento e cimenteiras individuais são aquelas que contém prontamente disponível uma base de dados de alta qualidade em conformidade com a série de normas de ACV ISO 14040 e pode ser utilizada para cumprir a metodologia completa de ACV, da definição do escopo e objetivo até a Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (LCIA) e Interpretação final. Os *softwares* indicados para aplicação na indústria do cimento são GaBi (Alemanha); LCAiT (Suécia); NIRE (Japão), SimaPro (Holanda), e TEAM (Europa) (WBCSD, 2002).

As bases de dados são fundamentais para a qualidade do estudo e economia de tempo em estudos de ACV. As bases de dados de ACV tipicamente incluem uma seção de dados de energia, materiais e processos que, juntos, fornecem uma base apropriada de ACV em uma diversidade de indústrias.

Os dados geralmente são médias das informações das indústrias, publicadas pela associação, com alguns indicadores da variabilidade e representatividade; embora algumas vezes os dados sejam fornecidos especificamente de um local ou empresa. Um tipo particular de estudo de ACV é o desenvolvimento de dados de materiais básicos por uma indústria. Muitos grupos regionais de cimento já completaram a primeira geração de conjunto de dados do Inventário de Ciclo de Vida (LCI). O nível de esforço necessário para estabelecer um conjunto de dados de materiais básicos é substancial: exige-se a ordem de um ano de um ou mais profissionais a tempo integral mais auxílio de pessoal de múltiplas instalações e gerentes corporativos. Este tipo de iniciativa demanda o mais alto grau de rigor analítico e revisão crítica, para garantir a consistência dos padrões, transparência e credibilidade dos dados (WBCSD, 2002).

**Bases de dados nacional**

Dentre os *softwares* indicados para aplicação da LCA em cimento listados acima nenhum deles possui dados sobre o cimento no Brasil, mesmo com a existência de algumas bases de dados atualmente disponíveis para uso e aplicação na indústria do cimento, algumas delas brasileiras, como pode ser observado na Tabela 1:

Tabela 1: Bases de dados mais relevantes para a indústria cimenteira.

SOFTWARE	BASE DE DADOS	BASE DE DADOS BRASILEIRA	BASE DE DADOS SOBRE O CIMENTO DO BRASIL
GABI	<b>Ecoinvent</b>	<b>Sim – matriz energética (PE INTERNATIONAL, 2012)</b>	<b>Não</b>
	<b>US LCI</b>	<b>Não (PE INTERNATIONAL, 2012)</b>	<b>Não</b>
	<b>European LCD</b>	<b>Não (PE INTERNATIONAL, 2012)</b>	<b>Não</b>
	<b>Profissional (fontes da indústria, conhecimento científico, literatura técnica e informações de patentes internas) – Base de dados do GaBi</b>	<b>Sim (cera/parafina, matriz energética, enxofre - na refinaria, propileno - na refinaria, querosene, gasolina, etc.) (PE INTERNATIONAL, 2012)</b>	<b>Não</b>
	<b>Base de Dados de Extensão – Base de dados do GaBi</b>	<b>Sim (matriz energética, folhas de sisal) (PE INTERNATIONAL, 2012)</b>	<b>Não</b>
NIRE LCA	<b>NIRE LCA 11</b>	<b>Não (WBCSD, 2002)</b>	<b>Não</b>
LCAIT	<b>LCAiT 11</b>	<b>Não (WBCSD, 2002)</b>	<b>Não</b>
	<b>Ecoinvent</b>	<b>Sim – matriz energética (PE</b>	<b>Não</b>

SIMAPRO		INTERNATIONAL, 2012)	
	US LCI	Não (PE INTERNATIONAL, 2012)	Não
	European LCD	Não (PE INTERNATIONAL, 2012)	Não
	US Input Output	Não (PEC, 2010)	Não
	EU and Danish Input Output	Não (PEC, 2010)	Não
	Dutsch Input Output	Não (PEC, 2010)	Não
	LCA Food 6	Não (PEC, 2010)	Não
	Industry data	-	-
TEAM	TEAM	-	-
IVAM LCA-data	IVAM LCA-data 4.0	Não (AUSLCI, 2012)	Não
Athena	Athena	Não (ATHENA, 2012)	Não
JEMAI	JEMAI	Não (JEMAI, 2012)	Não
BEES	BEES	Não (NIST, 2012)	Não
BRE	BRE	Não (BRE, 2012)	Não
TEAM	TEAM	-	-

### Desvios e inconsistências na importação de bases de dados

Em um contexto globalizado, o ciclo de vida de um sistema pode envolver vários processos ocorrendo em vários países e assim dados de diferentes regiões são necessários para se modelar apenas um sistema. Em nível local, o perfil ambiental de produtos nacionais e bens importados também podem ser analisados. Em qualquer caso, tanto em nível global quanto local, dados específicos de cada país são necessários. E então surge a primeira barreira. Certamente atividades globais e esforços a respeito do inventário do ciclo de vida tem sido feitos, mas ainda assim a disponibilidade de bases de dados no mundo podem ser vistas como uma realidade a longo prazo (COLODEL, 2008).

Enquanto essa situação prevalece, praticantes de ACV de alguns países encaram o problema de se fazer um estudo de ACV, usando dados de outro país para preenchimento de dados não disponíveis no país de origem ou, pior, usando integralmente a base de dados de outro país por não ter nenhum dado nacional. Como consequência, a simples transferência de dados do inventário do ciclo de vida levará

possivelmente a resultados e conclusões erradas. Atualmente não há nenhum procedimento estabelecido para servir de diretriz para permitir o desempenho da ACV para esses países com pouco ou nenhum dado (COLODEL, 2008).

Primeiramente, os processos devem ser analisados cuidadosamente. Ao se lidar com diferentes países, mesmo se o mesmo processo produtivo é aplicado, a quantidade de fluxo pode variar muito e, conseqüentemente, os processos podem apresentar diferentes impactos ambientais.

Fluxos de materiais e energia são os fluxos de entrada. Em termos de material, embora o produto final seja o mesmo em diferentes países, a qualidade da matéria-prima pode diferir de país para país. Dependendo das suas propriedades e contaminação, a quantidade irá variar significativamente assim como a necessidade de energia pode ser influenciada. O consumo de energia, tanto como energia térmica ou elétrica, no processo são causadas principalmente pelo uso de processos mecânicos, bombas, assim como unidades de operação para reações químicas, separação de produtos ou mudanças físicas. A idade da instalação define a sua eficiência energética, com instalações mais antigas requerendo mais energia. O uso de energia em uma indústria não depende muito do clima, geografia, comportamento do consumidor e níveis de renda, facilitando a comparação entre os países (COLODEL, 2008).

No entanto, deve-se levar em consideração que países podem diferir na presença de mais trabalho manual ou instalações automáticas, que é o caso de países mais industrializados. Nesse caso, o nível de consumo de energia também será diferente entre países.

Os fluxos de saída são basicamente os produtos e co-produtos, assim como as emissões. O uso ou não de sistemas de tratamento de efluentes e equipamentos de controle de emissão atmosférica assim como regulações de emissão nos países devem ser levados em consideração (COLODEL, 2008).

Carvalho (2002) diz que vários fatores podem influenciar nos dados como o nível tecnológico da empresa, o tempo de funcionamento dos equipamentos, a composição da matéria-prima e do combustível e também a matriz energética.

No estudo de Colodel (2008), fez-se uma ACV da produção de uma tonelada de cimento Portland, comparando-se as bases de dados do US LCI, que fornece um inventário do ciclo de vida do cimento dos Estados Unidos e a base de dados alemã. O potencial de eutrofização é 46% menor na ACV do cimento com base de dados alemã. A acidificação potencial é 67% menor, o potencial de aquecimento global 24% menor,

criação de ozônio fotoquímico 53% menor e a energia primária 36,18% menor que a base de dados americana.

No estudo de Josa e outros (2007), comparou-se diferentes inventários de cimentos disponíveis na Europa e observou-se que na etapa de avaliação de impactos há diferença quanto ao teor de clínquer contido no cimento, definição das fronteiras do sistema, negligência de determinadas emissões em alguns inventários.

### **Estudos de acv em cimento**

Os estudos encontrados da ACV aplicada ao cimento são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Estudos de ACV aplicada ao cimento.

AUTOR	TÍTULO
Saade (2010) – Brasil	Aplicação de ACV na construção civil com considerações da alocação de impactos no processo de fabricação do aço e sua reflexão na indústria do cimento
Carvalho (2002) – Brasil	Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada a construção civil - Estudo de caso: Comparação entre Cimentos Portland com adição de resíduos.
Huntzinger e Eatmon (2009) – Estados Unidos	Análise do Ciclo de vida da fabricação do cimento Portland do processo tradicional e com tecnologias alternativas.
Strazza et al. (2011) – Itália	Aprimoramento da produtividade de recursos como meio para promoção da produção limpa: análise da co-incineração nas indústrias cimenteiras através da abordagem de ciclo de vida.
Colodel et al. (2010) – Alemanha	Abordagem sistemática para a estimativa de eco-perfil-específico-por país usando o cimento Portland como exemplo.
Colodel (2008) – Alemanha	Abordagem sistemática para a transferibilidade de dados do inventário do ciclo de vida entre países
Navia et al. (2006) – Chile, Espanha, Áustria	Reciclagem de solo contaminado como matéria-prima alternativa em fábricas de cimento: Avaliação de Ciclo de Vida
Reiner e Rens (2006) – Estados Unidos	Concreto com alto volume de cinzas volantes: análise e aplicação
Josa et al. (2007) – Espanha, Brasil, Reino Unido	Análise comparativa do impacto da avaliação de impacto do ciclo de vida do cimento de inventários de cimento disponíveis na Europa.
Product Ecology Consultants (2000) - Japão	Relatório Ambiental (2000)
Product Ecology Consultants (2000) - Japão	Relatório Ambiental (1999)



## **Considerações Finais e Recomendações**

A matriz energética influencia significativamente os dados, assim como a composição da matéria-prima e do combustível. A idade da instalação, unidades de operação para reações químicas, processos mecânicos, presença de trabalho manual ou instalações automáticas interferem no consumo de energia, o que interfere significativamente nos dados, enquanto clima, geografia, comportamento do consumidor e níveis de renda não influenciam tanto. Regulação de emissões, sistemas de tratamento de efluentes e equipamentos de controle da poluição atmosférica também são fatores importantes a serem considerados.

Colodel (2008) demonstrou através da ACV do cimento com base de dados americana e alemã a diferença dos resultados dependendo da base de dados. O potencial de eutrofização é 46% menor na ACV do cimento com base de dados alemã. A acidificação potencial é 67% menor, o potencial de aquecimento global 24% menor, criação de ozônio fotoquímico 53% menor e a energia primária 36,18% menor que a base de dados americana.

Dados do inventário do ciclo de vida do cimento não devem ser usados incorretamente como dado do inventário do concreto por ocasionar erros graves. A composição do cimento no concreto varia de 7 a 15%.

Países da Europa, América do Norte e o Japão apresentaram o maior número de estudos em ACV em cimento, e também são as regiões que possuem os *softwares* mais adequados para a indústria do cimento: GaBi (Alemanha), LCAiT (Suécia), NIRE (Japão), SimaPro (Holanda) e TEAM (Europa). O Brasil apresenta atrasos em pesquisas de ACV aplicada à estudos em cimento, ao não se encontrar, neste caso, nenhum dado brasileiro nos diversos *softwares* de LCA indicados para o setor.

No Brasil, há um número extremamente reduzido de trabalhos voltados para a ACV na indústria do cimento (apenas dois trabalhos acadêmicos foram encontrados), sendo que o intervalo entre eles foi de oito anos – Carvalho (2002) e Saade (2010).

O trabalho de Josa e outros (2007), um dos dois trabalhos brasileiros, foi feito com uma indústria fictícia. A autora no próprio trabalho informa que no estudo houve dificuldades de obtenção dos dados pelo fato de ser um estudo de caso do setor, e não apenas de uma empresa, pois os dados deveriam demonstrar a realidade média das indústrias cimenteiras no Brasil. E sugere como trabalho futuro a utilização da ACV comparativa entre os cimentos Portland com adição de resíduos com fabricação em uma

empresa específica. Saade (2010) concluiu que o uso de poucos dados a respeito da emissão da produção do cimento se apresenta como um desafio metodológico, reforçando a necessidade de se validar e elaborar inventários brasileiros para se estimular a o desenvolvimento sustentável e sustentado das indústrias de cimento. O trabalho de Colodel (2008) reforça esta recomendação ao se demonstrar a discrepância dos impactos ambientais dependendo do inventário utilizado (americano ou alemão).

## **Referências**

ATHENA SUSTAINABLE MATERIALS INSTITUTE. Athena Sustainable Materials Institute. Database Details. 2012. Disponível em: <<http://www.athenasmi.org/our-software-data/lca-databases/products/>> Acesso em: 14 jun. 2012.

AUSLCI. **The Australian Life Cycle Inventory Database Initiative**. Resources 2011. Disponível em: <<http://www.auslci.com.au/resources>> Acesso em: 14 jun. 2012.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LTD. Life Cycle Assessment (LCA) service. **Environmental impacts of construction products and processes**. 2012. Disponível em: <<http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=1578>> Acesso em: 14 jun. 2012.

CARVALHO, J. **Avaliação de Ciclo de Vida ambiental aplicada a construção civil – Estudo de caso**: comparação entre Cimento Portland com adição de resíduos. 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COLODEL, C. M. Systematic approach for the transferability of life cycle inventory data between countries. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM ECOBALANCE, 8., Tóquio, Japão, 2008.

COLODEL, C. M. et al. Systematic approach for the estimation of country-specific product. **Bauphysik**, v. 32, n. 4, p. 223-239, 2010.

HUNTZINGER, D. N.; EATMON, T. D. A. Life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternatives technologies. **Journal of Cleaner Production**, n. 17, p. 668-675, 2009.

JEMAI. Japan Environmental Management Association for Industry. LCA Project. 2003 Disponível em: <<http://www.jemai.or.jp/english/lca/project.cfm>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

JOSA, A. et al. Comparative analysis of the life cycle impact assessment of available cement inventories in the EU. **Cement and Concrete Research**, n. 37, p. 781-788, 2007.

LCANZ. Life Cycle Association of New Zealand. Resources. 2012. Disponível em: <<http://lcanz.org.nz/links/resources>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

NAVIA, R. et al. Recycling contaminated soil as alternative raw material in cement facilities: Life cycle assessment. **Science Direct**, n. 48, p. 339-356, 2006.

PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS. Introduction to LCA with SimaPro7 Tutorial. nov. 2010.

PE INTERNATIONAL. **GaBi Product Sustainability Performance**. Disponível em: <[www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)>. Acesso em: 14 jun. 2012.

REINER, M.; RENS, K. High-Volume Fly Ash Concrete: Analysis and Application. Practice Periodical on Structural Design and Construction (Technical Paper). **American Society of Civil Engineers**, v. 11, n. 1, p. 58-64. 2006,

SAADE, M. Application of ACV in the construction sector: considerations on impact allocation in steelmaking process and its reflection on the industry. In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE 2010 – SB10 Brazil. São Paulo, 2010.

SANTI, A. M. M.; SEVÁ FILHO, A. O. Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento: casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, II., Annpas, Campinas, 2004.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO – SNIC. Relatório Anual. 2009.

STRAZZA, C. et al. Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-incineration in cement plants through a life cycle approach. **Journal of Cleaner Production**, n. 19, p. 1615-1621, 2011.

THE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – NIST. BEES. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT- WBCSD. What LCA can tell us about the cement industry. 2002.