

ESTUDO PARA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS CERÂMICOS

*Adilson Moacir Becker Junior*¹
*Adriane Lawisch Rodríguez*²
*Cláudia Mendes Mählmann*³
*Diosnel Antônio Rodríguez Lopez*⁴

RESUMO

A produção de tijolos requer grande quantidade de recursos e causa uma série de efeitos negativos ao meio ambiente. Neste contexto, o presente artigo visa analisar o processo produtivo de uma Cerâmica localizada na região de estudo e, conseqüentemente, estudar a aplicação da ferramenta de Análise de Ciclo de Vida (ACV). Como resultados, destaca-se que o processo da indústria é constituído pelas etapas: extração de argila, transporte, mistura da argila, pré-elaboração, extrusão, secagem, queima e expedição. Dentre estes processos, o maior impacto relativo encontra-se principalmente nas etapas de extração e transporte da argila, uma vez que demanda considerável quantidade de combustível. Além disso, a etapa de queima também contribui, uma vez que são necessárias altas temperaturas para se atingir as propriedades exigidas. Em relação à matéria prima, as perdas são relativamente baixas, uma vez que não ocorrem grandes transformações da argila, possibilitando o reaproveitamento em quase todas as etapas. A exceção encontra-se na etapa de queima, que não possibilita reversão do processo, gerando resíduos se o produto não estiver na qualidade exigida. Dentre as possibilidades de melhorias, sugere-se o estudo da incorporação de resíduos industriais na cerâmica, visando à manutenção das propriedades dos produtos e redução do impacto ambiental.

Palavras-chave: Análise de Ciclo de Vida (ACV). Cerâmica. Gestão Ambiental. Processo Industrial.

ABSTRACT

The production of bricks requires a considerable quantity of resources and causes negative effects to the environment. In this context, the present assignment aims to analyze the manufacturing process of a Ceramic Industry located in the study region. Consequently, this information was used to the Life Cycle Assessment Study. Among the results, it can be mentioned that the industrial process has the following steps: clay extraction, transport, clay mixture, pre-elaboration, extrusion, drying, burning and expedition. In the clay extraction step it was found the biggest environmental impact, since it demands a considerable quantity of

¹ Graduando em Engenharia Ambiental – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos, bolsista FAPERGS. <adilsonbecker.jr@gmail.com>

² Doutora em Engenharia pela Universidade Tecnológica de Berlim, Alemanha. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. <adriane@unisc.br>

³ Mestre em Ciências - Área de Concentração Física - pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Professora do Departamento de Química e Física, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. <mclaudia@unisc.br>

⁴ Doutor em Engenharia pela Universidade Tecnológica de Berlim, Alemanha. Professor do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. <dlopez@unisc.br>

fuel. Besides this, the burning stage also has a negative impact because of the high temperature that is necessary to get the required properties. On the other hand, the process losses are minimal, since that raw material doesn't suffer any important process transformation. The only exception happens at the burn step: once the bricks are ready, it is not possible to reverse the process. Therefore, if bricks demonstrate some structural defect, it will contribute to the solid wastes generation. Among the improvement possibilities, it may be suggested studying the incorporation of industrial waste into the brick production. In that way, it could be possible the maintenance of properties and the reduction of environmental negative impact.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA). Ceramic. Environmental management. Industrial process.

1 INTRODUÇÃO

As atividades de construção representam o setor industrial que mais consomem matéria prima, uma vez que aproximadamente 50% de todo o material extraído da crosta terrestre é transformado em materiais e produtos da construção. Estes mesmos materiais, quando são direcionados ao fluxo de resíduos, contribuem por cerca de 50% de toda a geração de resíduos (KORONEOS, 2007). A produção de tijolos requer uma grande quantidade de recursos e causa uma série de efeitos negativos ao meio ambiente. Além disso, as indústrias de produção de materiais têm contribuído para ser um dos setores mais consumidores de combustível dentro da economia (CHAPMAN, 1975, *apud* KORONEOS, 2007).

Desta forma, as Avaliações Ambientais que incluem o uso de energia para produção de materiais são essenciais para a melhoria no ciclo de vida do produto. Estas análises podem fornecer critérios para decisões de produção quando os materiais escolhidos oferecerem performances similares para dada aplicação (COLE, 1992, *apud* KORONEOS, 2007).

Com vista à melhor organização de processo e sustentabilidade das empresas, vem-se tornando frequente o uso de ferramentas que possam diagnosticar os impactos ambientais das atividades produtivas, bem como mensurar alternativas tecnológicas ambientalmente adequadas. Dentre as alternativas, ferramentas como a Análise de Ciclo de Vida (ACV), regulamentada pela série da Norma ABNT ISO 14.040, vêm se tornando uma possibilidade concreta. A Análise do Ciclo de Vida de um produto, processo ou atividade é uma avaliação sistemática que quantifica os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto ou resíduo (VIGON, 1993, *apud* RIBEIRO, 2002 a 2011). Segundo Durão (2009), a ACV de um produto efetua-se contabilizando todas as etapas que intervêm na sua vida, desde o seu "nascimento" à sua "morte". Em cada uma destas etapas verificam-se quanta energia é

consumida, a quantidade e o tipo das emissões atmosféricas, a quantidade de água contaminada e a quantidade de resíduos sólidos gerados.

Todavia, para o desenvolvimento de trabalhos práticos com a ferramenta de ACV, deve-se prover de softwares específicos de análise como, por exemplo, o programa Umberto. Desenvolvido pelo *Institute for Environmental Informatics* de Hamburgo, o software permite visualizar fluxogramas de material e energia. Os principais objetivos de sua utilização nas empresas são detectar pontos cruciais para otimização dos processos no sistema de produção, reduzir os recursos de materiais e energia e minimizar as quantidades de emissões de poluentes, tendo como consequência a redução dos custos envolvidos. (RIBEIRO, 2009). Segundo Durão (2009), o programa também favorece o desenvolvimento de cenários alternativos no sistema produtivo, apresenta resultados por meio de relatórios e inventários e ainda suporta a análise e avaliação dos impactos ambientais. A criação de cenários alternativos visa o apoio nas tomadas de decisões estratégicas e também dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA).

Assim, o presente artigo tem por objetivo apresentar os estudos de Avaliação Ambiental desenvolvido a partir de processo em indústria cerâmica na cidade de Candelária - RS. Desta forma, visa englobar atividades científicas em prol da análise ambiental e Análise de Ciclo de Vida (ACV) do processo produtivo, realizado por auxílio da literatura e visitas técnicas realizadas à empresa parceira do projeto.

2 METODOLOGIA

A avaliação do processo produtivo foi realizada através de visitas técnicas à empresa, com esclarecimentos pertinentes por parte dos responsáveis. No presente artigo serão apresentados levantamentos fotográficos e informações importantes ao entendimento do processo produtivo, visando à busca por destaques e melhorias da produção do ponto de vista dos aspectos ambientais.

Desta forma, buscou-se levantar o fluxograma do processo e inicialmente definir a importância de cada etapa na manufatura dos produtos cerâmicos. A partir deste mapeamento, foram identificados pontos importantes quanto ao consumo de insumos, matéria prima, utilização de energia, geração de resíduos, dentre outros. Além disso, também foram salientadas ações específicas já implantadas que visam um melhor aproveitamento de recursos, principalmente relacionados à importância ambiental. Dentre estes, destaca-se, por exemplo, a possibilidade de um aproveitamento energético eficiente. Concomitantemente, o

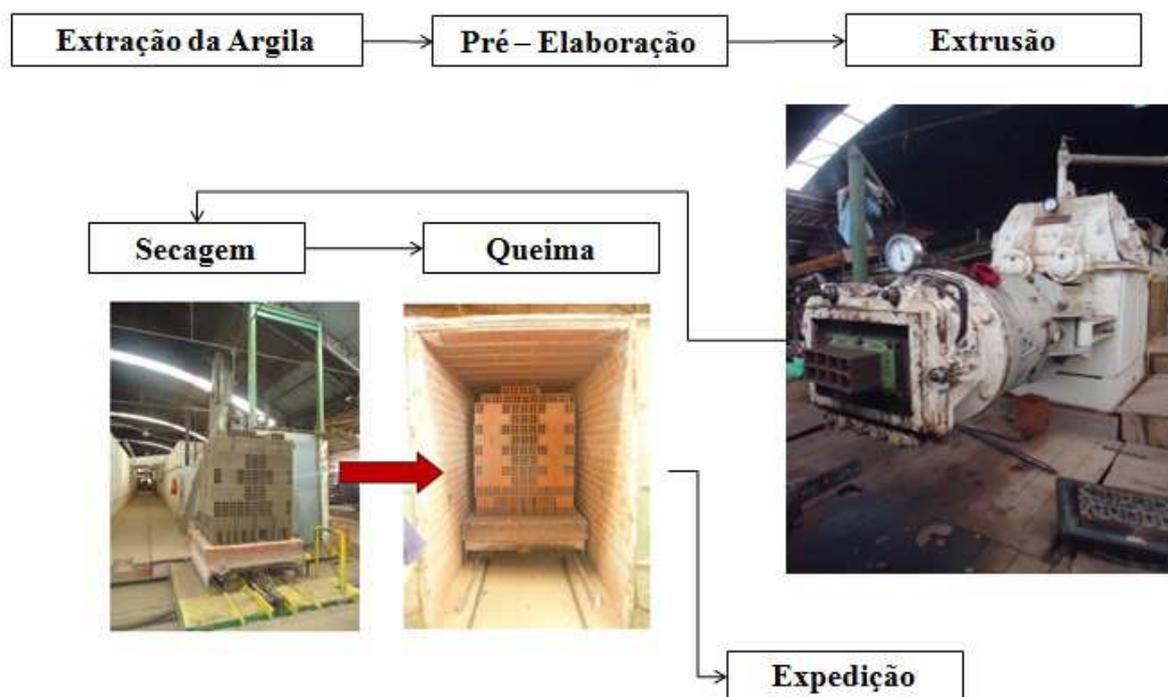
artigo visa destacar sugestões de melhorias que possam ser implementadas de modo a auxiliar o desenvolvimento sustentável da indústria cerâmica em questão.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação do Processo Produtivo da Cerâmica Candelária

O processo produtivo é iniciado na extração da matéria prima, ou seja, na extração da argila na lavra. A partir da extração e transporte, os diferentes tipos de argila são analisados para se obter blendas que venham a suprir as características e composição do produto cerâmico necessário. A extração e a mistura da argila são realizadas com auxílio de retroescavadeira e caminhão para transporte. Na Figura 1 podem ser visualizadas as etapas subsequentes do processo.

Figura 1 – Fluxograma das etapas do processo produtivo



É importante destacar que as misturas de argila podem variar de baixo a alto teor de argila. Resíduo na mistura é caracterizado por tudo o que não é argila, como sílica e areia. A porcentagem de resíduo e argila depende do produto a ser destinado.

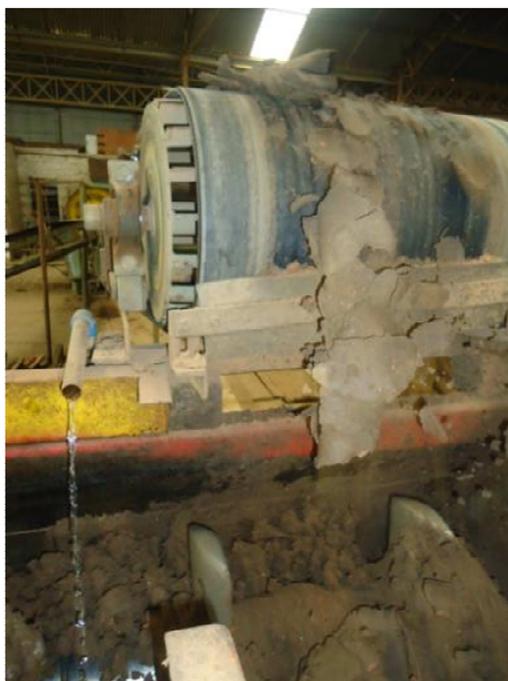
Posteriormente, as blendas são encaminhadas às caixas, onde acontece a pré-elaboração das amostras. A pré-elaboração consiste nas etapas que ocorrem na preparação,

destorroador e laminador. O destorroador é responsável por eliminar os torrões maiores de argila e prepará-la ao laminador. Este, por sua vez, torna a argila laminada e adequada ao processo de extrusão. Inicialmente, nas etapas de pré-elaboração da argila, não há perda de matéria-prima, uma vez que visam facilitar os processos subsequentes.

No Processo de extrusão da Argila (Figura 2) são produzidas as peças cerâmicas, podendo ser tijolos, blocos estruturais, calhas e outros, conforme molde utilizado. Para manter a continuidade no processo deve-se manter contínua também a alimentação na maromba, ou extrusora. Esta, por sua vez, trabalha com um sistema de vácuo a fim de garantir maior resistência possível aos produtos.

O material utilizado para a extrusão é basicamente a argila pré-elaborada anteriormente. Além disso, pode haver consumo de água, caso seja necessário acréscimo na umidade da argila. Todavia, a adição de água se faz necessária apenas em períodos quentes e secos. Sugere-se trabalhar com composições de até 25% de umidade em massa (MARTINS *et al*, 2005).

Figura 2 - Alimentação de argila na maromba



Segundo Soares (2002), o consumo de água pela indústria cerâmica estrutural não apresenta um padrão de referência, uma vez que a adição de água na preparação da massa depende das características de umidade da massa utilizada. A qualidade do material é controlada antes da entrada no processo e depois, já sob a forma de peças cerâmicas. O controle das substâncias presentes na argila é feita a partir de 10 gramas de uma amostra seca,

a qual é encaminhada para uma peneira 325 Mesh. A partir deste procedimento caracteriza-se o teor de argila na amostra, uma vez que a argila passa pela peneira e os resíduos ficam retidos.

Após a modelagem das peças, estas são cortadas e divididas de acordo com o produto. O corte das peças gera materiais de rebarba, que retornam as esteiras imediatamente anteriores à Maromba, para novo processamento. As rebarbas geradas estão ilustradas na Figura 3.

Figura 3 – Rebarbas provenientes do processo de extrusão da argila



Os tijolos que apresentarem qualquer tipo de dano são descartados nesta etapa. A vantagem em descartá-los anteriormente à queima propriamente dita é a possibilidade de reintroduzi-los no processo, uma vez que podem ser extrusados novamente. Na Figura 4 podem ser visualizados os resíduos do processo de secagem.

Após a etapa de extrusão, as peças cerâmicas passam por um sistema de contagem automático e seguem por esteira até serem acondicionadas em vagonetas para, então, passarem à primeira etapa de secagem (40 – 75°), visando à remoção inicial da umidade. Geralmente, os materiais cerâmicos recém-produzidos apresentam um teor de umidade aproximado de 25%.

Figura 4 – Resíduos do processo de secagem a serem reintroduzidos no processo



As peças cerâmicas que estão aptas passam ao processo de queima. Para tal, troca-se o acondicionamento para vagões de tijolos refratários resistentes à queima, os quais são encaminhados ao forno túnel. Este, por sua vez, é composto de sete zonas, nas quais a temperatura aumenta gradativamente, de modo que não ocorram fissuras nas peças, devido às mudanças bruscas de temperatura. Nesta etapa os tijolos são desidratados, promovendo a característica final ao produto.

Na etapa de queima, destaca-se também o aproveitamento energético que a cerâmica possui: o calor gerado nos fornos de queima é recirculado para ser aproveitado também nas etapas iniciais de secagem, que necessitam de temperatura bem inferior. Desta forma, evita-se a necessidade de queima na etapa de secagem.

Para combustão de queima, utiliza-se maravalha de Pinus (Figura 5).

Figura 5 – Maravalha de Pinus utilizada para queima



Em relação aos poluentes atmosféricos oriundos do processo, Soares (2002) destaca como principais as poeiras, chumbo e flúor. A emissão de Gás Carbônico, Monóxido de Carbono e outros gases gerados dependem incondicionalmente das quantidades e tipo de combustível utilizado para queima.

Como resíduo do processo de queima, destaca-se a geração de cinzas, que pode ser incorporada ao processo de modo a suprir a demanda de sílica, por exemplo. Todavia, isto depende muito da aplicação dos produtos, uma vez que algumas peças exigem alta pureza de argila.

Todavia, a geração de resíduos está condicionada a diversos fatores como, por exemplo, características da matéria prima utilizada, tipo de embalagem (quando houver), possibilidade de reintegração dos resíduos nos processos, entre outros. Soares (2002) cita que a indústria cerâmica estrutural apresenta na maioria das etapas de fabricação a possibilidade de reintegrar resíduo no processo, à exceção dos materiais defeituosos que saem dos fornos. Nesta situação, os resíduos podem ser utilizados como subprodutos em obras que não exijam propriedades mecânicas consideráveis ou como agregado na construção civil.

Após a queima, os produtos estão prontos para serem comercializados. Todavia, as peças cerâmicas que apresentarem-se quebradas ou defeituosas são consideradas resíduos de processo. Nesta etapa, entretanto, não é possível a recuperação dos materiais residuais. Na indústria em estudo não há controle na geração e destinação de resíduos. Parte destes é utilizada para compactação de estradas, tanto em lavras como também em estradas do interior. A Figura 6 apresenta o panorama dos resíduos no final do processo.

Figura 6 – Panorama da produção pós queima. Detalhe para resíduos gerados



Os produtos que não atingem o padrão de qualidade necessário à comercialização, apresentando pequenas fissuras e danificações, são considerados produtos de segunda linha (subprodutos gerados). Estes, por sua vez, são comercializados para usos menos nobres, como construção de muros e outros (que não exijam resistência mecânica muito elevada). Os subprodutos gerados estão ilustrados na Figura 7.

A área de armazenamento e expedição dos tijolos está ilustrada na Figura 8.

Figura 7 – Subprodutos gerados com detalhe às fissuras e defeitos das peças



Figura 8 – Armazenamento: Produtos a serem comercializados

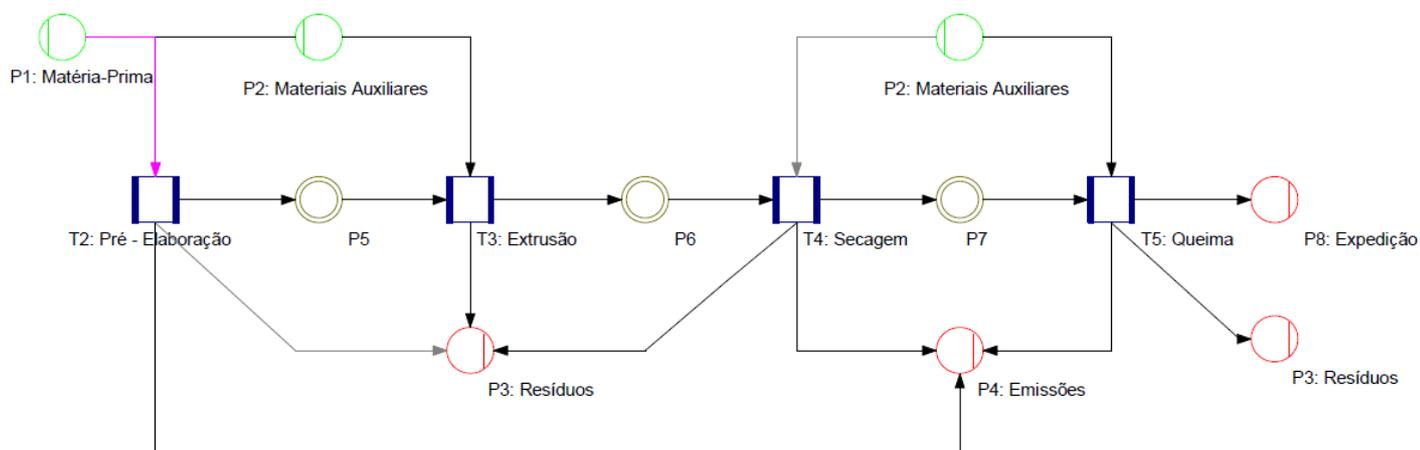


3.2 Fluxograma do Processo através da utilização do *Software* UMBERTO

Através das pesquisas realizadas na empresa e dos dados obtidos, destaca-se o fluxograma do processo, conforme figura a seguir (Figura 9). Salienta-se que este fluxograma está inserido em programa para Análise de Ciclo de Vida (ACV). Assim, a estruturação

permite a avaliação de balanço de massa e energia, destacando os consumos principais de matéria-prima, geração de resíduos e categorias de impacto ambiental.

Figura 9 – Fluxograma do processo através do *Software* UMBERTO



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa contribui a apontar os pontos de maior destaque dentro da indústria cerâmica, visando melhorias ambientais. Destaca-se, por exemplo, que a etapa mais crítica do processo ocorre na queima do material, no forno, a altas temperaturas. Nesta, pode-se gerar resíduos com os quais não se tem um destino adequado atualmente, correspondente aos pedaços e quebras de peças cerâmicas. Sugere-se à empresa a utilização de procedimentos específicos para padronizar e mensurar de forma mais confiável as perdas produtivas, os resíduos gerados e a energia gasta no processo produtivo.

Em relação a futuras pesquisas, destaca-se o estudo de reaproveitamento dos resíduos de tijolos gerados no final do processo, de forma a proporcionar meios de adicioná-lo como carga ao material cerâmico. Além disso, sugere-se a elaboração de metodologias práticas para a avaliação qualitativa e quantitativa de material particulado no ambiente da fábrica, contribuindo ao aprimoramento da Análise Ambiental.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, R.; MARIBONDO, R. O processo produtivo e a qualidade do produto cerâmico estrutural. *Anais II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*. João Pessoa – PB, 2007.

DURÃO, V. L. *Análise comparativa de sistemas centralizados e descentralizados de valorização de chorumes de suinoculturas, utilizando o software Umberto*. 2009. 105f. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Lisboa, Portugal, 2009.

GOMES, M. R. V. *Contribuição para a gestão sustentável de resíduos sólidos na Região Centro*. 2008. 113f. Dissertação apresentada a Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Aveiro, Portugal, 2008. Disponível em: <<http://www.biblioteca.sinbad.ua.pt>>.

HANSEN, A. P.; SEO, E. S.; KULAY, L. A. Identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental em processo de produção de materiais cerâmicos via aplicação da técnica de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). *Revista Produção Online*, v. 10, n. 4, dez. 2010.

KORONEOS, Christopher; DOMPROS, Aris. Environmental assessment of brick production in Greece. *Building and Environment*, v. 42, n. 5, p. 2114-2123, 2007.

MARTINS, C.A, *et al.* Metodologia para Avaliação da Possibilidade de Incorporação de Resíduos Industriais em Massas Cerâmicas Conformadas por Extrusão. *Cerâmica Industrial*, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 32-34, 2005.

MOULIN, J. C. *Avaliação Energética da Maravalha gerada em uma Serraria do Município de Jerônimo Monteiro/ES*. 2010. 30f. Monografia apresentada para a obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro, Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2010. Disponível em: <<http://www.bc.ufes.br/>>

PEGORORO, L. A, *et al.* Metodologia para a coleta de dados da fase de uso de caminhões de transporte rodoviário de carga no Brasil para a utilização em ACVs. IN: ANAIS 2º CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DE CICLO DE VIDA EM PRODUTOS E SERVIÇOS. Florianópolis – SC, 2010.

PEREIRA, Sibeli Warmling. *Análise Ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos – Aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida*. 2004. 123f. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2004. Disponível em: <<http://www.ciclodevida.ufsc.br/publicacoes.php>>

PRADO, M. R. *Análise do inventário do Ciclo de Vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil*. 2007. 193f. Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/>>

RIBEIRO, C. M.; Gianneti, B. F.; Almeida, C. M. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV): *Uma ferramenta importante da Ecologia Industrial*. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>> Acesso em: 10 de jan. de 2012.

RIBEIRO, P. H. *Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio à Avaliação do Ciclo de Vida: Fertilizantes Nitrogenados*. 343f. Tese apresentada à Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/>>

SAMPAIO, A. P. C. Análise do Ciclo de Vida da cadeia produtiva do biodiesel com software Umberto. IN: ANAIS XIX ENCONTRO DE EXTENSÃO – ENCONTROS UNIVERSITÁRIOS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Ceará, 2011.

SOARES, S. R. Análise do ciclo de vida de produtos cerâmicos da indústria de construção civil. IN: ANAIS XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA (AIDIS). Cancún - México, 2002.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. ISO 14.000: *Um guia para as Novas Normas de Gestão Ambiental*. São Paulo: Futura, 1996.