



CONSTRUÇÃO DE UM DESTILADOR USANDO OS CONCEITOS DA LOGÍSTICA REVERSA

Ana Regina de Aguiar Dutra, Dra.

Anelise Leal Vieira Cubas, Dra.

Elisa Helena Siegel Moecke, Dra.

Marciano José Richartz, Eng^o de Produção.

RESUMO

As constantes transformações globais têm impulsionado as empresas a desenvolverem produtos e processos produtivos sustentáveis. A adoção de tecnologias limpas para os sistemas produtivos e pensar no produto desde a matéria prima até o descarte, são formas das empresas garantirem as gerações futuras, a preservação do ambiente e a continuidade dos negócios. O objetivo do referido artigo é o de socializar o desenvolvimento do protótipo de um destilador para a recuperação do metanol da glicerina proveniente do processo produtivo do biodiesel. O protótipo busca a partir do reaproveitamento do coproduto o incremento de renda para os membros de uma Associação denominada Pro-Crep, sediada na comunidade da Praia da Pinheira, localizada no Município de Palhoça/SC. Para construção do destilador de metanol empregou-se uma metodologia já consolidada na área da engenharia, intitulada processo para desenvolvimento de produtos (PDP).

Palavras-chave: sustentabilidade; reaproveitamento de resíduos; biodiesel; metanol; metodologia de projeto de produto.

E-mail: "Ana Regina de Aguiar Dutra" ana.dutra@unisul.br; "Anelise Leal Vieira Cubas" anelise.cubas@unisul.br; "Elisa Helena Siegel Moecke" elisa.moecke@unisul.br; "Marciano José Richartz" <mjrichartz@yahoo.com.br>

1 INTRODUÇÃO

O Metanol (CH_3OH) é um composto orgânico líquido incolor, volátil, miscível em água, álcool e éteres (NETO, ALMEIDA, BOMTEMPO, 2008). O referido composto possui inúmeras aplicações, sendo que 70% da produção global se destina a fabricação de produtos químicos diversos (formaldeído, ácido acético, metacrilato de metila entre outros), dentre os quais o formaldeído se encontra em maior parcela, ainda é pequena a parcela de metanol utilizada para geração de energia (correspondendo a 2% da produção mundial), porém existe um grande potencial da utilização do metanol para esse uso específico (SOARES, 2010).

O metanol pode ser obtido a partir de diversas fontes de carbono: as fontes de uso tradicional com crescimento histórico (Petróleo e GN), as fontes de uso tradicional com grande crescimento (carvão) e as fontes em desenvolvimento (NETO, ALMEIDA, BOMTEMPO, 2008). Atualmente a maioria dos processos de produção de metanol é baseada no gás de síntese, obtido do gás natural, como matéria prima.

Atualmente o metanol é o álcool mais utilizado na reação de transesterificação para formação do biodiesel (FELIZARDO, 2003), sobretudo por motivos relacionados com o processo e por razões relacionadas com a sua natureza física e química, nomeadamente devido à sua curta cadeia e ao seu grau de polaridade, o que o torna mais reativo. Esta última propriedade, também permite maior facilidade na separação entre os ésteres e a glicerina. O metanol é ainda isento de água e mais barato, tornando o processo menos dispendioso. A transesterificação metílica é considerada muito eficaz, proporcionando uma transformação praticamente completa, na ordem dos 95-98%, dos triglicerídeos em ésteres de ácidos graxos, num período de tempo relativamente pequeno (SILVA, 2003).

Diante do cenário apresentado, a recuperação do metanol utilizado na produção de biodiesel se mostra altamente viável, pois além do mesmo poder ser reinserido no sistema, também pode ser utilizado para outros fins como na fabricação de produtos químicos diversos. Para recuperar o metanol do biodiesel, submete-se a fase mais densa, constituída por água, álcool e glicerina, a um processo de evaporação, cujos vapores resultantes são, de seguida, liquefeitos num condensador. Do mesmo modo, o álcool é

recuperado da fase menos densa da mistura de ésteres. Após a recuperação do álcool, este ainda contém quantidades significativas de água, tendo que ser sujeito a uma segunda destilação.

A desidratação do metanol por destilação é um processo simples e fácil de concretizar visto que a volatilidade relativa dos constituintes da mistura é muito elevada e além disso, o metanol não dispõe de afinidade com água, facilitando assim o processo de separação.

A consciência do consumidor em direção ao meio ambiente e à responsabilidade social tem introduzido nas cadeias produtivas novos paradigmas, no que se refere à reutilização dos materiais e a formação de um ciclo que parte do consumidor e chega novamente ao fornecedor. A legislação ambiental tem contribuído no sentido de tornar as empresas mais responsáveis por todo o ciclo de vida de seus produtos, tanto pelo seu destino após a entrega dos produtos ao consumidor, como pelos impactos que estes produzem ao meio ambiente.

O processo que gera produtos reciclados, os quais retornam ao processo tradicional de suprimento, produção e distribuição, é conhecido como logística reversa, e que geralmente é composto por um conjunto de atividades que uma empresa desenvolve: coletar, separar, embalar e expedir itens usados, danificados ou obsoletos dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, revenda ou de descarte.

A logística reversa é a área da logística empresarial que se preocupa com o retorno dos produtos, redução na origem, reciclagem, substituição de materiais, reutilização de materiais, eliminação de resíduos, renovação, reparação e remanufatura. Para Elmas e Erdoğan (2011), o entendimento acerca do conceito precisa ser amplo e engloba uma série de atividades dentro da logística e outras funções desempenhadas dentro da cadeia de fornecimento. A logística reversa tem tido espaço nas estratégias das empresas, não só devido ao retorno econômico, mas também por atender as exigências de preservação ambiental e de quesitos sociais (NIKOLAOU, EVANGELINOS E ALLAN, 2013).

A logística reversa tem recebido considerável atenção devido ao potencial de recuperação do valor dos produtos. De acordo com Sheriff *et al.* (2012), a logística reversa deve garantir tanto a efetividade ambiental como econômica da operação de recuperação de valor. Resumindo, a logística reversa é o processo de usar materiais que

já foram aproveitados com o objetivo de recuperar eventual parcela de valor ou dar destinação mais adequada ao produto já usado.

A reutilização de materiais tem desempenhado um importante papel, tanto na preservação do meio ambiente, que é poupado com o descarte, quanto economicamente, uma vez que, parte do valor do produto é resgatado e reutilizado (HEESE *et al.*, 2005). Operações de reutilização dependem da reintegração de produtos usados e resíduos ao ciclo produtivo (GONÇALVES-DIAS, 2006), não necessariamente na mesma indústria. A logística reversa tem aumentado de importância nas estratégias das empresas, não só devido ao retorno econômico, mas por atender as exigências de preservação ambiental.

O protótipo que aqui será apresentado surge de uma parceria entre a Universidade e uma associação de triagem de resíduos sólidos (Pró-Crep), esta última situada na Praia da Pinheira, município de Palhoça/SC. A parceria acontece desde 2008, quando de um projeto de pesquisa aprovado via CNPq, para a produção de biodiesel. Em 2010, o projeto se transformou em atividade de extensão da Universidade, possibilitando aos associados produzir biodiesel a partir de óleo de fritura e metanol, para ser usado no veículo que realiza a coleta seletiva e para barcos de pesca artesanal da região. E a partir de 2012 a associação também produz sabão usando a glicerina destilada, coproduto do processo do biodiesel.

O objetivo do artigo é de socializar o desenvolvimento de um protótipo para recuperar o metanol, em pequena escala, da glicerina. O metanol participa da reação de transesterificação do óleo de fritura saturado. Para que esta reação possa ocorrer é adicionado um excesso do álcool. Assim, parte do álcool permanece na glicerina, que deve ser retirada, para que esta possa ser usada em outros processos produtivos, além de aproveitar o metanol novamente na produção do biodiesel. Para o desenvolvimento do protótipo foi usado a metodologia de processo de desenvolvimento de produtos (PDP) de Rozenfeld *et al.* (2006). O protótipo foi desenvolvido a partir do uso de sucatas, todas em aço inoxidável.

Procurou-se também com o referido protótipo benefícios ambientais e econômicos para todo o ecossistema vigente, com destaque para a geração de emprego e renda para a Associação.

2 MÉTODO

A metodologia de PDP, mostrada na figura 1, conforme Rozenfeld *et al* (2006), apresenta três macro fases, sendo que para o presente estudo foram feitas as macros fases de pré e desenvolvimento do produto, com ênfases nas fases do planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e uma introdução do projeto detalhado. Como o projeto do destilador de metanol tinha um cunho socioambiental, não se preocupou aqui com as fases de preparação e lançamento do mesmo no mercado. Na sequencia da metodologia de PDP, aplicou-se a macro fase pós-desenvolvimento.



Figura 1 - Macros fases e fases da metodologia de PDP.

Fonte: Rozenfeld *et al.*, 2006.

Na fase do planejamento do projeto aconteceu o planejamento estratégico, criando um entendimento comum acerca do produto a ser desenvolvido. As ferramentas utilizadas para este fim foram: minuta do projeto, macro cronograma do projeto, detalhamento do cronograma do projeto, equipe de desenvolvimento, matriz de responsabilidades.

Na fase do projeto informacional foi feita a definição do escopo do projeto. Para Rosenfeld *et al.* (2006), o produto final do projeto informacional são as seguintes especificações-meta: requisitos do produto com valores-meta referentes a parâmetros quantitativos e mensuráveis; informações adicionais qualitativas obtidas junto ao cliente que dizem respeito as diretrizes não-mensuráveis, porém importantes para o desenvolvimento do produto. Ressalta-se também a importância de se pesquisar informações de produtos similares já patenteados com tecnologias e os possíveis métodos de fabricação disponíveis e necessários.

A fase do projeto conceitual destinou-se a geração de soluções capazes de satisfazer as necessidades dos clientes e proporcionar base para o projeto detalhado do produto através das respostas às questões por quê?, onde?, quando? e como? atingir estas necessidades.

Já na fase do projeto detalhado buscou-se o detalhamento das especificações técnicas para o produto, critérios dimensionais, tolerâncias para a qualidade e outras. Realizou-se a prototipagem e a modelagem dos componentes de base.

Na macro fase do pós desenvolvimento, o recuperador de metanol foi testado no laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade, com amostras de 3 litros de glicerina resultante da fabricação do biodiesel, contendo 10% de metanol. A temperatura usada na destilação foi de 70 °C.

3 RESULTADOS

Após a exposição teórica e metodológica, seguiu-se com a aplicação da mesma para a construção do protótipo para recuperar metanol de forma sustentável.

A partir do planejamento do projeto do produto foi desenvolvida a minuta do projeto com as especificações mais gerais do projeto. Já na fase do projeto informacional destacou-se o desenvolvimento do croqui do recuperador de metanol, o que configurou a ideia inicial, evoluindo posteriormente para o protótipo finalizado. O croqui está ilustrado na figura 2.

A medição da qualidade do produto foi feita por meio de análises, ensaios, inspeções e a partir de estudos de projetos anteriores. Priorizou-se o uso de materiais reciclados com qualidade, que evita o desperdício financeiro, além de contribuir para a sustentabilidade do planeta.

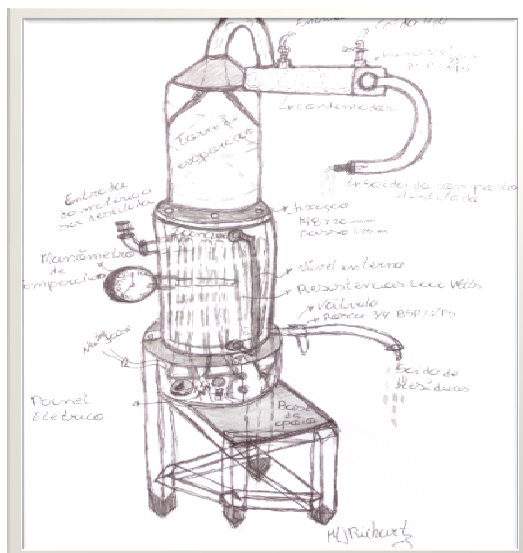


Figura 2 - Croqui do destilador.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Na fase do projeto conceitual, empregou-se como ferramenta a arquitetura do produto, a qual estrutura o produto por meio de módulos definidos por funções. Na arquitetura do produto foi criado um protótipo dimensional real. Para isso se fez uso da ferramenta de um software que apresenta módulos de desenhos tridimensionais, simulações diversas, módulos de integração com sistemas de gestão empresariais, entre outras.

A figura 3 ilustra o protótipo dimensional que buscou atender as necessidades apresentadas nos requisitos dos clientes, neste caso, os associados da Pro-Crep.

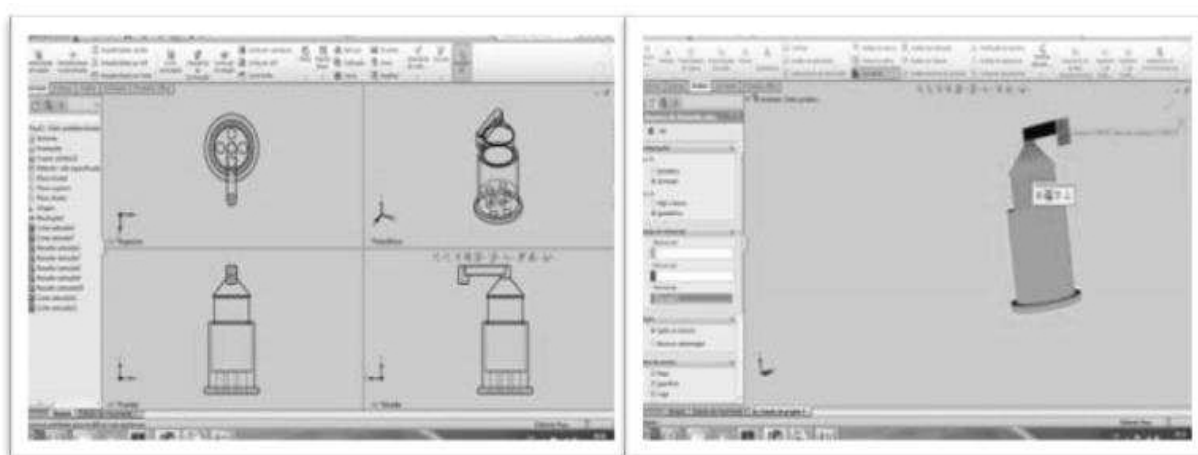


Figura 3 - Arquitetura do produto

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Este protótipo serve também para testar o produto sob as condições reais dimensionais, levando em consideração o desempenho técnico e de mercado, seja para uma alteração, adaptação, melhoria ou começo de um novo produto.

A fase do projeto detalhado contemplou a etapa minuciosa de engenharia na qual são atribuídas especificações técnicas ao produto, critérios dimensionais, tolerâncias para a qualidade. Desta forma foi possível avaliar detalhadamente o processo produtivo em que este produto vai estar inserido. E, ainda, nesta fase fez-se a prototipagem dos componentes de base para o protótipo do destilador de metanol.

A prototipagem acontece no âmbito da modelagem virtual via utilização de ferramentas do *Computer Aided Design* (CAD), o que proporcionou alta desenvoltura no projeto e estabeleceu uma visão ampla do produto final, ilustrado na figura 4, contando com quatro etapas: a) Modelagem em sólido, ou seja, criação do dimensional do produto; b) Renderização, que significa as formas e os cálculos de textura, sombra e cores; c) Projeção das vistas, ou seja, a projeção dos ângulos de visão sobre a peça, superior, inferior frontal, tridimensional; d) Produto final, ou seja, a formatação final de protótipos do produto.

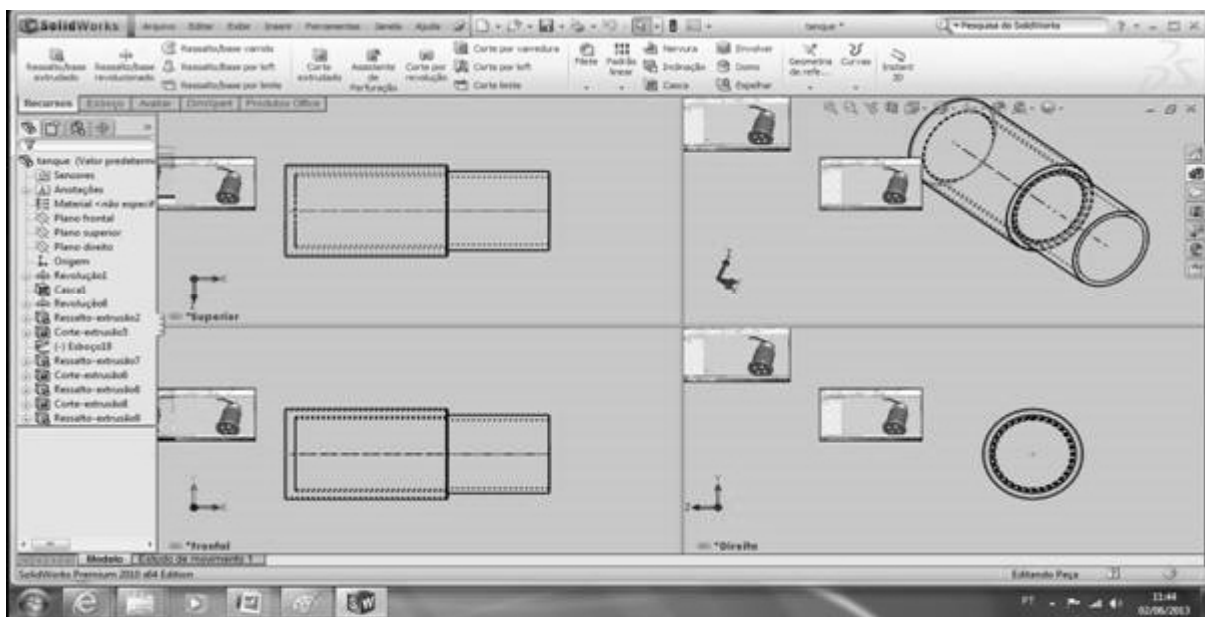


Figura 4 - Ensaios de engenharia no protótipo virtual.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Depois da finalização da fase do projeto detalhado, partiu-se para a concretização do recuperador de metanol, na sua dimensão real, destacando as seguintes atividades

para isso: atividades de dimensionamento e simulação; atividades de montagem da base de suporte, tanque do fluido, evaporador, do condensador e estruturas de apoio; atividades de testes de fixações dos parafusos, de vedação da solda contra vazamentos de fluidos, de hidrostáticos contra vasos de pressão, utilizando técnicas monométricas.

A partir dos testes, conforme figura 5, realizados com a glicerina contendo 10% de metanol, verificou-se que o início da destilação se deu após 10 minutos de aquecimento e após 30 minutos não foi mais constatado a presença de metanol na glicerina.



Figura 5 - Testes produtivos com o destilador

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste item objetiva-se fazer uma discussão a respeito dos objetivos pretendidos, metodologia empregada e das contribuições do projeto para a Associação Pro-Crep, para a Universidade e para o planeta.

O presente trabalho buscou desenvolver um produto socioambiental não comercial, utilizando uma metodologia consolidada no âmbito dos cursos de engenharia.

O desenvolvimento do recuperador de metanol envolveu professores pesquisadores de dois grupos de pesquisa, incluindo estudantes em trabalho final de curso e de projetos de pesquisa.

A aplicação da metodologia se demonstrou eficaz não só para produtos/equipamentos comerciais como também para situações com interesses socioambientais, bem como para contribuir na geração de renda da Associação.

O desenvolvimento do destilador de metanol suscitou uma abordagem multidisciplinar, tornando-se um desafio para a equipe, pois o PDP precisa considerar várias variáveis, para maximizar ou minimizar fatores em prol da viabilidade do produto final. E, ainda, evidenciaram-se as contribuições das áreas da engenharia na confrontação da teoria em relação à prática.

A Universidade em questão se apropria deste trabalho a partir do diálogo com as comunidades do entorno, alcançando assim a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

Para atender as questões socioambiental e econômica, buscou-se com o protótipo retirar do coproduto (glicerina) o álcool (metanol), que pode ser reintroduzido na cadeia produtiva do biodiesel, e disponibilizar desta forma, a glicerina para ser usada na produção de sabão pela **Associação** Pro-Crep. Para que estes requisitos fossem transformados em ações concretas, utilizou-se a metodologia de PDP com etapas delineadas de Rozenfeld *et al.* (2006), aplicada e consagrada em escala comercial.

Os ganhos socioambiental e econômico com a recuperação do metanol se fazem presentes na extração e recuperação de 10% deste componente retido na glicerina, que eram perdidos e com consequências químicas agressivas.

A construção do destilador a partir de sucata (aço inox austenítico), somando 90% dos materiais usados, configura-se como uma produção mais limpa, tanto pelo uso de materiais reaproveitados como pelo produto gerado, com a minimização dos impactos ambientais. E com possibilidade de geração de emprego e renda dos envolvidos, neste caso, os associados da Pro-Crep e moradores da comunidade da Praia da Pinheira.

O mercado brasileiro de reciclados, que de acordo com o CEMPRE (associação sem fins lucrativos dedicada à promoção da reciclagem dentro do conceito de

gerenciamento integrado do lixo), em 2012, deixou de movimentar R\$ 8 bilhões anualmente, e atualmente passa a ser procurado de forma significativa.

A concepção do protótipo aqui mostrado corrobora com a definição do desenvolvimento sustentável da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas, como sendo o “desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro”. Este conceito foi criado para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE USING THE CONCEPTS OF REVERSE LOGISTICS

Abstract

The constant global changes have encouraged companies to develop sustainable products and production processes. The adoption of clean technologies for production systems and think in the product from raw materials to disposal, are forms of companies ensure future generations, preserving the environment and business continuity. The purpose of this manuscript is to socialize the development of a prototype to recover methanol for biodiesel production. The prototype aims, from the reuse of waste, the increase in income for members of an association called Pro-Crep, based in Praia da Pinheira, located in the Palhoça, Santa Catarina, Brazil. For construction of the methanol recovering, employed a methodology already established in the engineering area, titled Product Development Process (PDP).

Key – Words: sustainability; reuse of waste; biodiesel; methanol; product development process (PDP).

REFERÊNCIAS

CASTRO, Marinella et al. Estado de Minas (MG): reaproveitamento de material descartado movimenta cerca de R\$ 8 bilhões no país. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-1, 04 mar. 2013.

Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=17088&catid=159&Itemid=75>. Acesso em 16 maio 2013.

FACCIONI FILHO, Mauro. **Gerência de Projetos**: disciplina na modalidade à distância. 4. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2011. 214 p.

FELIZARDO, Pedro Miguel Guerreiro. 2003. **Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Usados de Fritura**. Lisboa (Instituto Superior Técnico): Relatório de Estágio para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Química, 2003.

GONCALVES-DIAS, S. Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens. **Gestão e Produção**, v.13, n.3, p.463-474, 2006.

ELMAS, G.; ERDOĞMUŞ F. The importance of reverse logistics. **International journal of business and management studies**. Vol. 3, No 1, 2011. Disponível em http://www.sobiad.org/eJOURNALS/journal_IJBM/arihieves/2011_Vol_3_no_1/16guldem_elmas.pdf> Acesso em 15 abril 2014.

HEESE, H.; CATTANI, K.; FERRER, G.; GILLAND, W.; ROTH, A. Competitive advantage through take back of used products. **European Journal of Operational Research**, v.164, n.1, p.143-157, 2005.

LEONEL, Vilson; MOTTA, Alexandre de Medeiros. **Ciência e Pesquisa**: Disciplina na modalidade a distância. 2ª. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2007. 228 p.

NERI, Marcelo Cortes. **A Nova Classe Média**: O lado brilhante dos pobres. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2010. 149 p.

NETO E. P. L., ALMEIDA E. L. F., BOMTEMPO J. V. 2008, Reestruturando as cadeias da química e da energia: a via metanol. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 14, No. 2, 2o Sem. 2008, pp. 127-149.

NIKOLAOU, I.E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, Volume 56, 1 October 2013, Pages 173-184.

RLEC – Reverse Logistics Executive Council. Disponível em: <<http://www.rlec.org/glossary.html>>. Acesso em: setembro de 2013.

ROHLER, Edison et al. **Tutoriais de modelagem 3D**: utilizando o Solidworks. 3. ed. Florianópolis: Visual Books, 2011. 200 p.

ROMEIRO FILHO, Eduardo et al. **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 376 p.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.

SHERIFF, K.; GUNASEKARAN, A.; NACHIAPPAN, S. Reverse logistics network design: a review on strategic perspective. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v.12, n.2, p. 171-194, 2012.

SILVA, S. Resíduos de óleos alimentares: inquérito aos empresários da restauração. Lisboa : Gabinete Técnico Alimentar da ARESP – Apoio à Restauração – Segurança Alimentar, 2003.

SOARES, N. M. V. E. Valorização dos óleos alimentares usados para produção e utilização de biodiesel à escala municipal. **Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente**, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

TACHIZAWA, Takeshy; ANDRADE, Rui Otávio Bernardes. **Gestão Sócio Ambiental: estratégias na nova era da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 247 p.