



## **Esverdeando o projeto mecânico: uma experiência educacional com emprego da avaliação de ciclo de vida**

**Leydervan de Souza Xavier** – leydervan@gmail.com

CEFET/RJ, Departamento de Disciplinas Básicas e Gerais

Av Maracanã, 229, Bloco E, 20271-110 – Rio de Janeiro

**José Antonio Assunção Peixoto** – japeixoto@yahoo.com.br

CEFET/RJ, Departamento de Disciplinas de Engenharia de Produção

**Ricardo Alexandre Amar de Aguiar** – ricardoamar@yahoo.com.br

CEFET/RJ, Departamento de Disciplinas Básicas e Gerais

**Lilian Fernanda de Jesus Silva** - lilianfjsilva@yahoo.com.br

CEFET/RJ, Programa de Pós-graduação em Tecnologia, PPTEC.

**Ivens Leal** - ivensleal0@gmail.com

CEFET/RJ, aluno do Curso de Engenharia Mecânica

***Resumo:** Neste artigo, apresenta-se uma iniciativa de educação profissional alinhada com a concepção de Green Engineering, descreve-se e analisa-se, como um de seus resultados, o caso concreto de um projeto final, em engenharia mecânica no CEFET/RJ, de uma bomba medidora de combustíveis automotivos comercial. Descreve-se o contexto institucional em que o trabalho se desenvolveu e explora-se o conceito de engenharia verde, particularmente, na possibilidade de associar a lógica de projeto mecânico, tradicionalmente ensinada e usada na formação profissional, à Avaliação de Ciclo de Vida, alcançando-se uma sistemática de projeto verde, em que o Pensamento Orientado ao Ciclo de vida contribua com os processos de decisão. Os resultados acadêmicos são positivos e têm potencial de esverdear o produto em estudo e a cultura de projeto do fabricante. A expectativa é que o relato possa motivar outras iniciativas congêneres e contribuir com os esforços globais para promoção do desenvolvimento sustentável.*

***Palavras-chave:** Green Engineering, ACV, Educação em Engenharia, Projeto Mecânico, Pensamento do Ciclo de Vida.*

### **1. INTRODUÇÃO**

As iniciativas contemporâneas para discutir e promover o desenvolvimento sustentável têm se multiplicado e fortalecido na última década (BRASIL, 2013), com desdobramentos particulares sobre diversos segmentos de atividades humanas, como pode ser observado no documento “Greening the Economy Through Life Cycle Thinking – Ten years of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative”(UNEP, 2012). Neste contexto, a educação em geral e a educação profissional, em particular, são campos estratégicos para se criar e viabilizar novas formas de produção e organização social, orientadas pelo e para o compromisso com a sustentabilidade, em sentido global e também local. No caso da educação de engenheiros, são



múltiplas as possibilidades e os desafios de enriquecer a racionalidade técnica robusta, tradicional e indispensável para a produção de bens e serviços, com a atenção a outras dimensões que contemplem os temas da sustentabilidade, incorporando-as às modelagens de engenharia, ensinadas e praticadas profissionalmente. Se por um lado, as questões socioambientais se tornam conhecidas e reconhecidas de forma cada vez mais óbvia, por outro, a tarefa de dar materialidade a essas questões, ao nível conceitual e prático das atividades profissionais, parece estar em aberto. No caso das engenharias, a possibilidade de desenvolver, desde a origem, projetos sustentáveis, se mostra claramente mais interessante do que a opção de mitigar, posteriormente, efeitos indesejáveis de projetos realizados sem essa orientação. Neste artigo, apresenta-se uma iniciativa de educação profissional alinhada com a concepção de “Green Engineering”, como apresentada por Hesketh *et al.* (2006). Descreve-se e analisa-se, como um de seus resultados, o caso concreto de um projeto final, em engenharia mecânica no CEFET/RJ, de uma bomba medidora de combustíveis automotivos comercial. A expectativa é que o relato possa motivar outras iniciativas congêneres e contribuir com os esforços globais para promoção do desenvolvimento sustentável

## 2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para fundamentar este relato é preciso apresentar o contexto institucional em que o trabalho se desenvolveu e explorar o conceito de engenharia verde, particularmente, na possibilidade de associar a lógica de projeto mecânico, tradicionalmente ensinada e usada na engenharia, à avaliação de ciclo de vida, alcançando-se uma sistemática de projeto verde, em que o Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida (PCV) contribua com os processos de decisão.

### 2.1. Contexto institucional

O objeto relatado neste trabalho se insere em um projeto institucional iniciado em 2006, quando alguns docentes do CEFET/RJ passaram a integrar a Iniciativa do Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida (PCV), uma das linhas de ação da organização Life Cycle Initiative (Life Cycle Initiative, 2013) e, nos anos seguintes, foi iniciado o processo de divulgação da técnica de ACV através de duas disciplinas, uma de pós-graduação e outra eletiva para a graduação, no curso de Engenharia de Produção. Em geral, os alunos de produção cursam esta disciplina a partir do sexto período e, ocorre também que alunos de Mecânica se interessem em participar como ouvintes, já que a cadeira ainda não consta como eletiva de seu curso. A disciplina de 60 horas, ACV de Produtos, está dividida em parte teórica e de laboratório, em que o software UMBERTO<sup>®</sup> (2013) é usado para representação e análise de fluxos de matéria e energia, com base em Redes de Petri (MURATA, 2013). Nesta disciplina, os alunos de mestrado e egressos do mestrado vêm atuando com monitores e tutores do uso do laboratório, conseguindo-se apresentar, aos alunos de graduação, um cenário de pesquisas e aplicações mais avançadas de ACV, em que podem vir a atuar. A análise deste contexto já foi objeto de discussões anteriores no COBENGE (XAVIER *et al.* 2007), (SILVA *et al.*, 2009) e, com este trabalho, pode-se analisar a trajetória da iniciativa que, nesta fase, já inclui a execução de Projetos Finais de curso para alunos de Produção e, também, de Mecânica. A pesquisa na literatura aponta para iniciativas semelhantes em diversas instituições envolvidas com educação em engenharia, como se pode observar em Aurandt & Buttler (2011).



## 2.2. Engenharia verde

Segundo Hesketh *et al.* (2006), a expressão “Green Engineering” foi originalmente definida pela EPA (2013a), como “o projeto, comercialização e uso de processos e produtos que sejam viáveis e econômicos enquanto minimizem a geração de poluição nas fontes de recursos e o risco à saúde humana e ao meio ambiente”. Segundo Ritter (2003), esta definição foi expandida mais recentemente, assumindo-se que “a ‘Green Engineering’ seja as disciplinas e práticas existentes que levem à sustentabilidade”. A Engenharia Verde incorpora o desenvolvimento e a implantação de produtos, processos e sistemas que atendem objetivos técnicos e econômicos enquanto protegem a saúde e o bem estar humanos e elevam a proteção da biosfera a condição de critério nas soluções de engenharia. Associados a esta definição, foram estabelecidos nove princípios que os engenheiros devem seguir para implantar completamente soluções de engenharia verde. Esses princípios são: (1) “Engenheirar” processos e produtos holisticamente, usando análise de sistemas e integrando ferramentas de avaliação de impacto ambiental; (2) Conservar e ampliar os ecossistemas naturais enquanto se protege a saúde e o bem estar humanos; (3) Usar o pensamento orientado ao ciclo de vida em todas as atividades de engenharia; (4) Assegurar que todas as entradas e saídas de matéria e energia são inerentemente seguras e benignas, sempre que possível; (5) minimizar o esgotamento de recursos naturais; (6) empenhar-se para evitar desperdícios; (7) Desenvolver e aplicar soluções de engenharia, sendo conhecedor da geografia e das aspirações e culturas locais; (8) Criar soluções de engenharia além daquelas atualmente dominantes, aprimorando, inovando e inventando (tecnologias) para se alcançar a sustentabilidade e, (9) Engajar ativamente as comunidades e os “stakeholders” (partes interessadas) no desenvolvimento de soluções de engenharia. Assim, adotam-se esses princípios na educação dos engenheiros que devem nortear suas práticas profissionais e acadêmicas (XAVIER *et al.*, 2009a).

## 2.3. Projeto em engenharia

O processo de projetar é uma atividade humana complexa, interativa entre pessoas e áreas de conhecimento e iterativa, pelas idas e vindas que se repetem nas tentativas de conceber algo real que se aproxime das expectativas e dos requisitos de projeto. Uma forma de representar esse processo está indicada no fluxograma da Figura 1, inspirado em Shigley (BUDYNAS & NISBETT, 2008), uma referência clássica para os cursos de engenharia mecânica. No texto original, cada fase é discutida em detalhes aqui omitidos, por questão de espaço, mas, em resumo, trata-se da interação entre o abstrato e o empírico, em que o projetista extrai da realidade uma necessidade, transforma esta em linguagem e parâmetros de projeto, desenvolve soluções, testa e avalia estas soluções até produzir algo concreto que vai interagir com a realidade de referencial, modificando-a na direção mais próxima possível das expectativas que motivaram o projeto. O resultado de um projeto pode ser outro projeto. Na concepção representada, não são explicitadas considerações sobre o meio ambiente ou a sustentabilidade, embora possam ser incorporadas a ela, por decisão do projetista. Esta ausência, neste texto, será simbolicamente usada para fazer contraste com a proposta da engenharia verde, em que os temas da sustentabilidade têm de ser incorporados à concepção e execução de todas as atividades de engenharia, conforme apresentado nos nove princípios adotados.

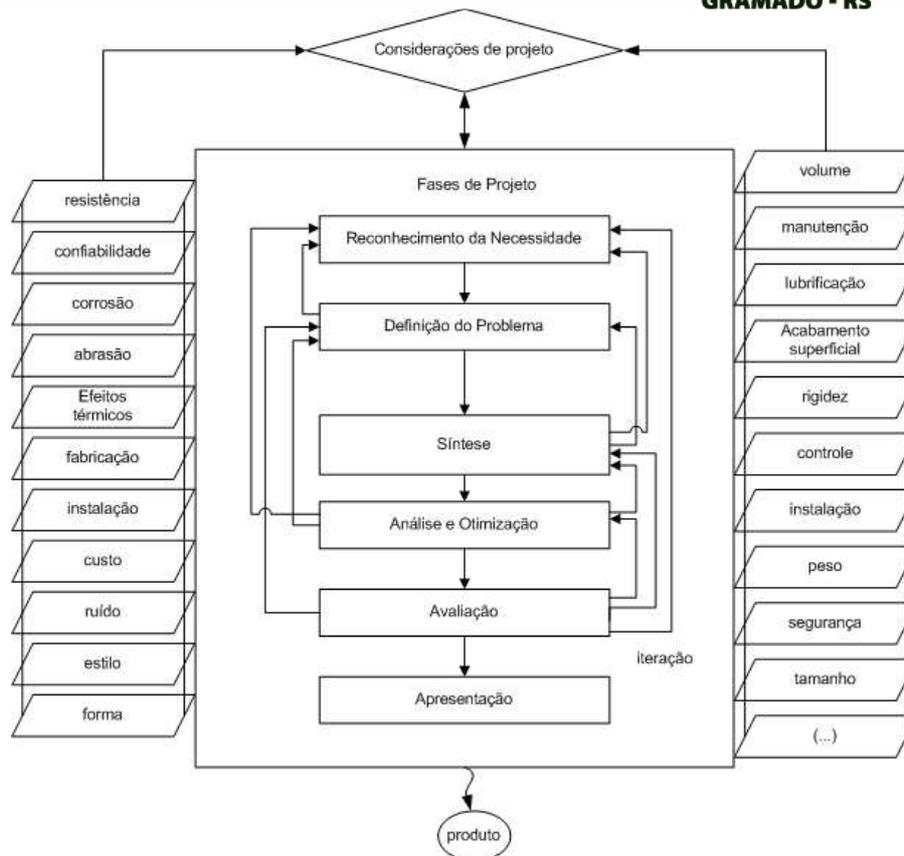


Figura 1 - Fases de Projeto inspirada em Shigley (BUDYNAS&amp; NISBETT, 2008)

#### 2.4. Avaliação de ciclo de vida

A avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (Life Cycle Assessment - LCA) é uma metodologia utilizada para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços. Consiste em uma avaliação sistemática que permite quantificar os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto. Segundo a EPA (2013), Agência de Proteção Ambiental, dos EUA, a ACV é “uma ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma atividade durante todo seu ciclo de vida”. Porém, a maior evolução está na forma como seus resultados são utilizados na gestão empresarial, já que é uma poderosa ferramenta para gerar e interpretar dados ambientais, que proporcionam uma indicação da direção que a empresa deve seguir para melhorar sua produção, gestão, design, etc. (UNEP, 2009).

O estudo da análise do ciclo de vida se divide, segundo a norma ISO14040 (ABNT, 2009), nas fases representadas na Figura 2:

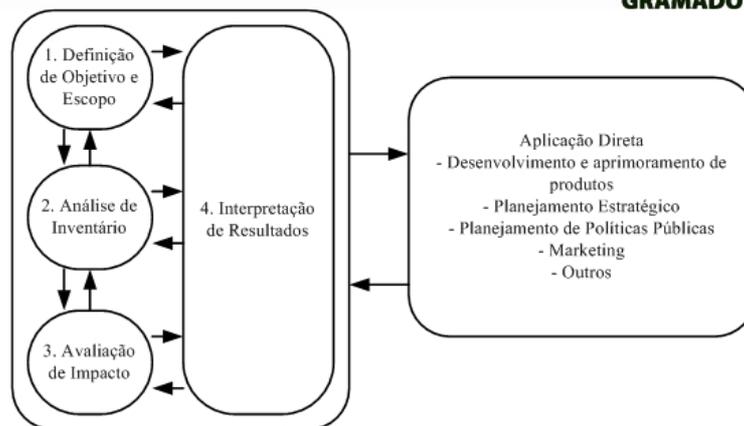


Figura 2 – Fases de uma ACV (Fonte: ABNT, 2009)

A aplicação da ACV ao estudo de caso, apresentado no corpo do trabalho, permitirá identificar os propósitos de cada fase e como realizá-las.

## 2.5. Diretrizes pedagógicas

Em sentido mais amplo, o PCV é uma diretriz pedagógica em escala global, com que se pretende transformar a paisagem da sociedade, abrangendo todas as atividades profissionais, como se pode depreender de sua apresentação pela UNEP/SETAC. Em sentido mais restrito, a ACV é uma das técnicas que permitem operacionalizar o PCV no ambiente típico do exercício profissional, como no caso, aqui, em questão. A ACV se coaduna naturalmente com as formas de modelagem usuais das engenharias, baseadas em pensamento sistêmico e fluxos de massa e de energia, mas, permite acrescentar às concepções tradicionais de projeto, produção e de gestão, a preocupação com os desdobramentos ambientais, sociais e de custeio do que se faz, olhando-se, inusitadamente, para frente e para trás, ao longo da cadeia de suprimentos, em que se insere o espaço de trabalho do profissional. A análise crítica destes desdobramentos por parte do engenheiro favorece incorporar, de forma objetiva, novas dimensões e valores aos seus critérios e processos de tomada de decisão, com atenção à sustentabilidade. Assim, a sustentabilidade assume uma materialidade para fins práticos, como já ocorre com a segurança, a durabilidade, a confiabilidade e outros valores, reconhecidamente indispensáveis aos processos e produtos sob responsabilidade dos engenheiros. Isto se observa empiricamente, uma vez que os próprios alunos que cursaram a disciplina, mas adiante propõem temas de projeto em que possam associar ACV às abordagens tradicionais na solução de problemas do mundo corporativo em que estagiam ou pretendem trabalhar. Neste artigo, através de um dos casos ocorridos, pretende-se exemplificar o processo educacional em curso e caracterizar o tipo de resultados que se pode obter com ele.

## 3. ESTUDO DE CASO: PROJETO DE UMA BOMBA MEDIDORA DE COMBUSTÍVEL DESENVOLVIDO COM AUXÍLIO DA ACV

Este é o caso de um Projeto Final do curso de Engenharia Mecânica realizado por um dos autores com defesa prevista para o primeiro semestre de 2013. O aluno, que assistiu a disciplina de ACV como ouvinte, estagiava em uma empresa multinacional de grande porte, que fabrica o equipamento em diversos países, inclusive no Brasil, e encontrou receptividade na corporação para avaliar o projeto usando ACV, na intenção de alterá-lo, futuramente. O



acesso aos dados de projeto foi franqueado, mediante cláusula de confidencialidade, aqui também respeitada.

O objetivo do projeto final pode ser representado no fluxograma da Figura 3. Partindo-se de uma bomba já existente, cujo projeto e processo de fabricação são conhecidos, deseja-se avaliar, sob o ponto de vista da sustentabilidade, se e como poderiam ser aprimorados o projeto e o produto.

O caminho proposto é associar a lógica de projeto representada na Figura 1 com a de ACV, indicada na Figura 2. Conforme está indicado na Figura 3, após a primeira iteração de projeto (já realizada) será executada a ACV deste produto, e se identificam aspectos críticos passíveis de melhora. Essas informações realimentam a etapa de projeto em nova iteração, podendo-se, ao final, comparar os diversos projetos e produtos. Esta sequência deve ser continuada até que os níveis de qualidade (em sentido amplo, de modo a atender os critérios socioambientais) sejam alcançados. Esta nova sistemática de projeto foi indicada como Projeto Verde, em alusão à Engenharia Verde.

O objetivo desta ACV é a avaliação do desempenho ambiental do equipamento tradicionalmente conhecido como bomba abastecedora, ou, segundo a nomenclatura adotada pela ABNT, Unidade Abastecedora. Trata-se de um equipamento destinado ao abastecimento de veículos, indicando o volume, preço e valor a pagar (ABNT NBR 14639:2001). Esta avaliação do desempenho ambiental incluirá a fabricação do equipamento envolvendo etapas de corte e dobramento de chapas metálicas de pequena espessura (0,5 a 3 mm), usinagens de alumínio, ferro fundido e aço, operações de dobramento de tubos e montagem do equipamento. O público alvo deste trabalho são profissionais, pesquisadores e acadêmicos do setor de óleo e gás. O escopo será a análise da fabricação do equipamento entre a entrada e a saída da planta de fabricação, considerando consumo de energia, consumo de recursos naturais e produção de resíduos metálicos (aparas, sobras). A unidade funcional é uma unidade medidora. A função do sistema em análise é transportar combustíveis líquidos de um tanque subterrâneo para o tanque de um veículo, realizando a medição do volume entregue e preço a ser pago.

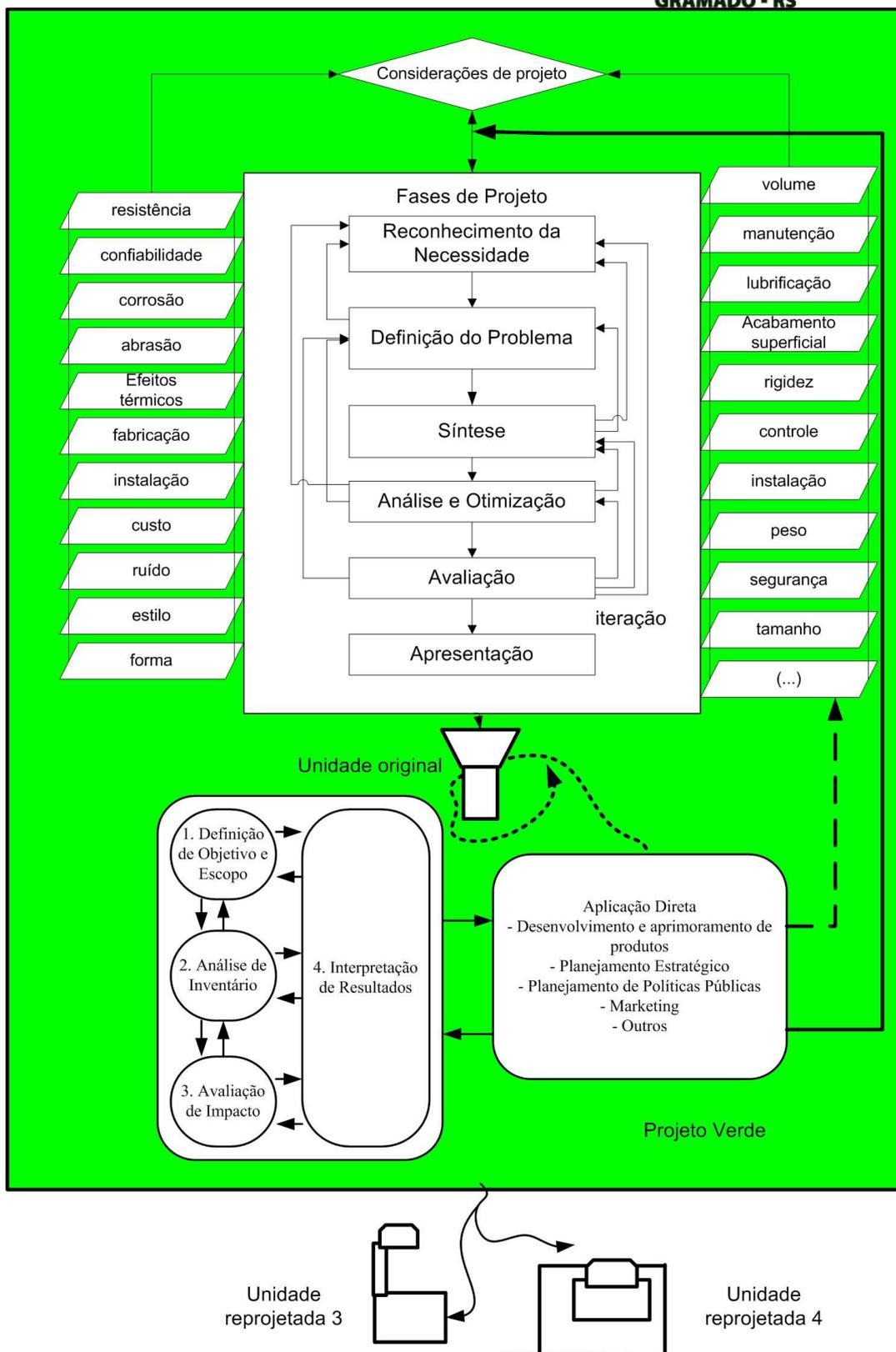


Figura 3 - Fluxograma Geral do Projeto Final

Na Figura 4 estão representadas as diversas etapas, do berço ao túmulo, do produto e também, as fronteiras do sistema de produto em que se pretende desenvolver a ACV. A partir

deste enquadramento será realizada a segunda etapa de ACV, conforme a Figura 2, que consiste na Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida.

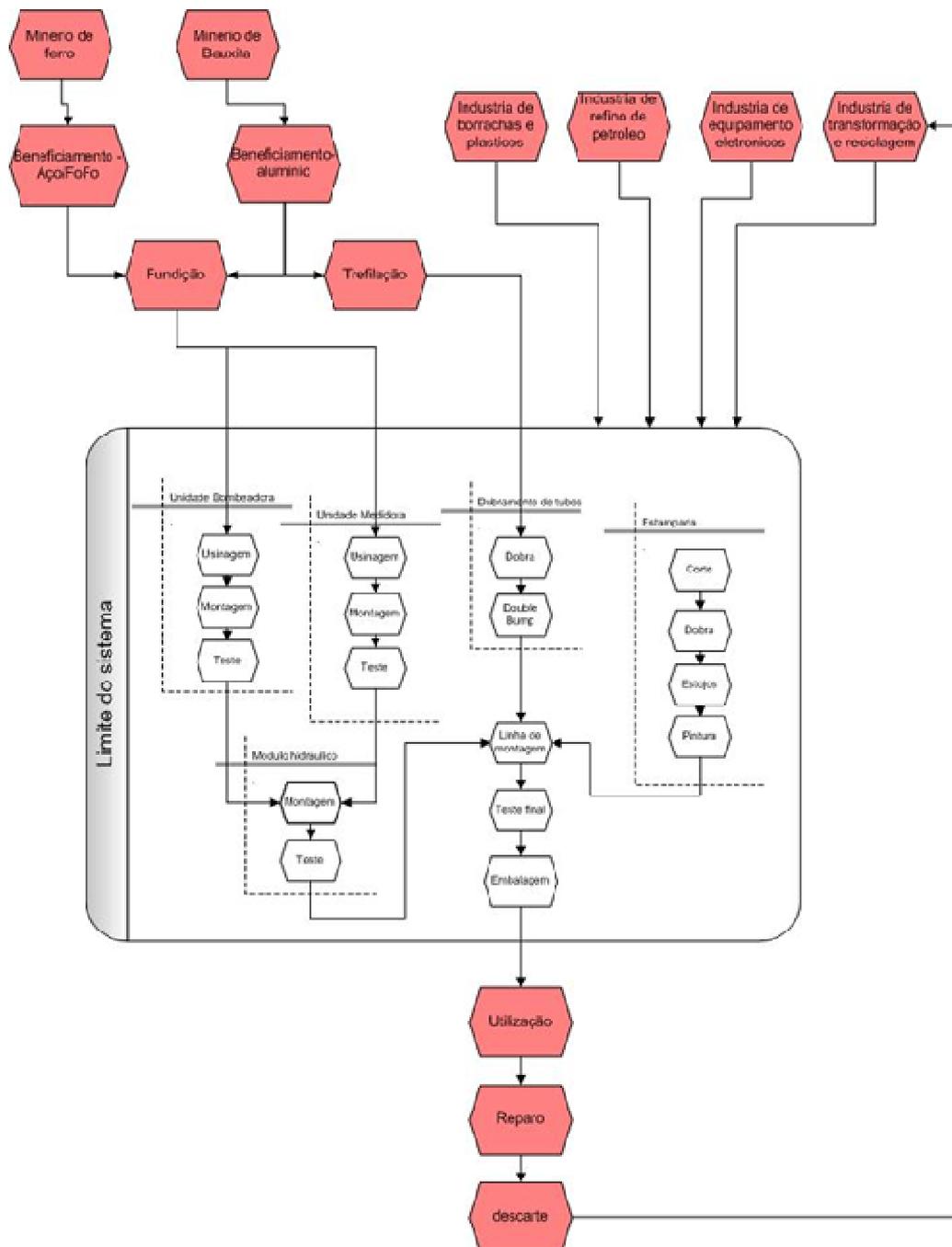


Figura 4 - Ciclo de Vida da Unidade Medidora

### 3.1. Análise do inventário do ciclo de vida

O foco desta análise foi no consumo de energia, uso de recursos naturais e produção de resíduos metálicos. Foram levantadas as dimensões, a massa de cada componente e todos os processos de fabricação (corte, dobramento, usinagem). Foram usados os valores de massa

retirados de notas fiscais de compra para itens comerciais, modelos geométricos em formato CAD e, em alguns casos, pesaram-se as peças individualmente para alimentação das tabelas de ICV. Para garantir a confiabilidade das informações retiradas tanto de documentos fiscais quanto de modelos computacionais foi feita uma pesagem de amostras para checagem dos valores. As quantidades de energia consumida em cada processo de fabricação foram obtidas com auxílio dos modelos tradicionais de esforços mecânicos e potências envolvidas em furação, dobramento, puncionamento, estampagem, rosqueamento, corte, entre outros. Uma vez obtidos os dados, realizou-se a análise do inventário. Os resultados foram simplificados para atender ao propósito deste artigo e, apenas, o consumo de energia foi apresentado na forma de gráfico, na Figura 5. Podem-se identificar as etapas mais intensivas em consumo de energia.

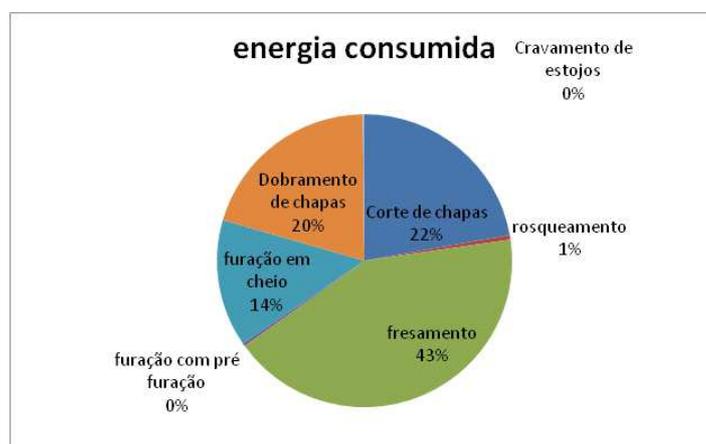


Figura 5 - Distribuição do Consumo de Energia por Etapa de Fabricação da Unidade Abastecedora

### 3.2. Avaliação de impactos ambientais

Na lógica de projeto adotado, ainda não serão avaliados os impactos ambientais conforme indicado pelas normas ISO 14040 e 14044, mas será acionada nova iteração de projeto, de modo a melhorar o desempenho ambiental do produto, com foco na redução de massa e de operações intensivas em gasto de energia.

### 3.3. Reprojetado das unidades abastecedoras

Como premissas desta nova iteração de projeto serão consideradas a análise dos resultados do estudo de ACV executado, a viabilidade técnica e regulatória, e ainda decidiu-se manter, provisoriamente, as mesmas características funcionais do seu predecessor. Para atender a estes critérios optou-se concentrar o reprojetado da bomba em sua estrutura metálica que é maior consumidor energético do processo, além de gerar a maior quantidade de resíduos sólidos, na forma de retalhos no processo de corte. Por outro lado, decidiu-se, provisoriamente, manter as peças que compõem o módulo hidráulico, e os seus respectivos processos de usinagem geradores de resíduos sólidos e impactos ambientais. Como a unidade funcional será a mesma para os dois projetos de unidade abastecedora, será possível e desejável realizar uma ACV comparativa entre as duas concepções. Com o objetivo de reduzir a quantidade de matéria prima utilizada, reduzindo assim os efeitos de esgotamento de recursos minerais e a quantidade de aparas metálicas geradas, a nova estrutura será



dimensionada de forma a ser a menor possível. As dimensões da estrutura estão condicionadas à necessidade de acomodação de todos os componentes hidráulicos e eletrônicos presentes na versão anterior e por requisitos ergonômicos, para utilização do equipamento e, pela resistência mecânica necessária. Uma análise previa do possível tamanho da estrutura revelou a possibilidade de construção de um equipamento com aproximadamente 0,90 m de altura do piso. Esse valor é incompatível com a ergonomia de utilização do produto, já que a visualização de total abastecido e valor a pagar devem estar acima de 1,5 m do piso para possibilitar a visualização sem que seja necessário nenhum esforço físico durante a utilização da unidade abastecedora. Para superar este problema serão desenvolvidos dois novos projetos: um deles com uma unidade menor (unidade reprojeta 3), fixada a uma parede de alvenaria no posto de abastecimento e a outra, uma unidade abastecedora com dois módulos, um maior e mais pesado na base e outro mais leve, na altura ergonômica, ambos ligados por uma coluna delgada (unidade reprojeta 4). Estes projetos estão em andamento no presente. Uma vez concluídos e delineados os seus processos de fabricação serão realizadas ACVs comparativas para decidir a opção com melhor desempenho ambiental.

### **3.4. Considerações sobre os resultados**

Apesar do escopo restrito, o fato dos materiais usados e dos processos de fabricação serem os mesmos, para as três alternativas de projeto, faz com que a ACV desenvolvida tenha valor prático e imediato para a indústria e, se, futuramente, houver mudança no produto em decorrência do estudo de ACV, considerando-se a escala de uso destes equipamentos no Brasil e no mundo, o estudo poderá gerar impactos locais, regionais e globais positivos relevantes. Para uma avaliação mais ampla, contudo, será necessário ampliar o escopo da ACV para comparar o desempenho dos produtos ao longo do ciclo de vida até o descarte, ou na reciclagem, se houver. Ainda assim, mantidas as características funcionais como estão, parece razoável admitir que a redução de massa do segundo ou terceiro projeto, em relação à concepção original, será potencialmente vantajosa, sobretudo quando se pensa em emissão de gases geradores do efeito estufa no transporte e disposição final de resíduos, que dependem diretamente da massa envolvida.

Do ponto de vista educacional, a formação teórica e prática do futuro profissional está sendo enriquecida pela experiência, que continua tendo desdobramentos positivos em sua permanência na empresa.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho apresenta um caso concreto de projeto de engenharia mecânica esverdeado pela aproximação entre as metodologias tradicionais de dimensionamento e a Avaliação de Ciclo de Vida, uma vez que a atitude do autor do projeto e os resultados obtidos se alinham com os princípios reconhecidos como de “Green Engineering” apontados na literatura.

Este caso, na sequência de outros relatos veiculados em edições anteriores do COBENGE, ilustra como operacionalizar a atenção à sustentabilidade nas práticas de engenharia e também, como este processo pode ser desenvolvido em termos pedagógicos e institucionais, segundo uma experiência educacional que vem evoluindo nos últimos seis anos. O relato também detecta certa receptividade dos futuros engenheiros e das organizações à temática da sustentabilidade e sugere que ela pode produzir resultados práticos e imediatos com o uso de ACV, dando materialidade a conceitos que remetem à Iniciativa do Pensamento Orientado ao Ciclo de Vida conduzida ao nível global pela UNEP/SETAC.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14044. Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro. 2009a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14639: Posto de Serviço-Instalações Elétricas. Rio de Janeiro. 2001.

AURANDT, J.L., BUTLER, E. Sustainability Education: Approaches for Incorporating Sustainability in Undergraduate Curriculum, Journal of Professional Issues in Engineering Education, v. 137, p. 102-106, 2011

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Resolução nº 03, de 22 de abril de 2010. Dispõe sobre a aprovação do Termo de Referência do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida e dá outras providências. Disponível em : <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/RESC000234.pdf>> . Acesso em: 02 jun. 2013.

BUDYNAS, R.G., NISBETT, J.K. Shigley's Mechanical Engineering Design. 8th Edition in SI UNITS, Mc Grall Hill Companies, New York, 2008.

EPA U.S. Environmental Protection Agency, disponível em< <http://www.epa.gov>>, Acesso em: 02 jun. 2013.

EPA U.S. Environmental Protection Agency, Green Engineering disponível em <http://www.epa.gov/opptintr/greenengineering/index.html>. Acesso em: 02 jun. 2013a.

HESKETH, R. P., GREGG, M.H., SLATER, C.S. Sustainability Science and Engineering: Defining principles. Martin A. Abraham (Editor) 2006 Elsevier B.V. DOI 10.1016/81871-2711(05)01004-4 p.47

LIFE CYCLE INITIATIVE Disponível em <http://www.lifecycleinitiative.org/> Acesso em 02 jun.2013

RITTER, S. K. A Green Agenda for Engineering: New set of principles provides guidance to improve designs for sustainability needs, Chemical & Engineering News, v. 81, n.29, p. 30-32 2003

SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Disponível em < <http://www.setac.org/>>. Acesso em 02 jun.2013.

SILVA, L.F.J., NUNES, I.S., XAVIER, L.S., FUTURO, D.O., PEIXOTO, J.A.A. Experiência de ensino de engenheiros no contexto de disseminação do Pensamento Sustentável. Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Florianópolis, 2009.



TADAO, M. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications Disponível em <http://embedded.eecs.berkeley.edu/Research/hsc/class.F03/ee249/discussionpapers/PetriNets.pdf>> Acesso em: 02 jun 2013.

UMBERTO. Conheça Umberto. Disponível em: <http://www.umberto.de/en/home/language/portuguese/index.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

UNEP/SETAC. Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable. Power Editing, Ireland, 2009.

UNEP United Nations Environment Programme. Disponível em < <http://www.unep.org/> > Acesso em 02 jun.2013.

UNEP/SETAC Greening the Economy through life cycle thinking. Ten years of the UNEP/SETAC life cycle Initiative. Disponível em <http://www.lifecycleinitiative.org/publications>> Acesso em: 2 jun. 2013.

UNITED NATIONS (2012) AGENDA 21. Education Commitments Agenda 21 - Chapter 36 & UN Commission on Sustainable Development. Disponível em <http://www.earthsummit2002.org/es/national-resources/education.pdf>>. Acesso em 02 jun. 2013.

XAVIER, L.S., PEIXOTO, J.A.A, DIAS, L.M.M., IBRAHIM, G. Análise de ciclo de vida: uma experiência de ensino com modelagem de processo na perspectiva da sustentabilidade Anais: XXXV – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Curitiba, 2007.

XAVIER, L. S.; PEIXOTO, J. A. A.; SOUZA, C. G.; AGUIAR, R. A. A.; PONTES, A. T. Engineering Education: Cradle or grave for conception processes of sustainability? In: International Congress of Mechanical Engineering, COBEM 2009, Gramado. Procedures of International Congress of Mechanical Engineering 2009. Rio de Janeiro: ABCM, 2009a. v. 1

## **THE GREENING OF A MECHANICAL DESIGN: AN EDUCATIONAL EXPERIENCE WITH USE OF LCA**

**Abstract:** *This paper presents an initiative for professional education aligned with the concept of Green Engineering. The case of a Final Project in Mechanical Engineering at CEFET / RJ, of one fuel supply pump, is described and analyzed, as one of its results. The institutional context, in which the work evolved, is described and it is explored the concept of Green Engineering, particularly through the possibility of associating the logic of mechanical design, traditionally taught and used in engineering, to the logic of Life Cycle Assessment, with which it is reached a systematic for Green Design, where the Life Cycle Thinking contribute to the decision-making processes. The academic results are positive and have the potential to green the study product and the design culture of the manufacturer. The expectation is that the report can motivate other initiatives counterparts and contribute to global efforts to promote sustainable development*

**Key-words:** *LCA, Engineering Education, Mechanical Design, Life Cycle Thinking.*