

VI-096 - O EFEITO DA RECICLAGEM NA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE ISOLADORES CERÂMICOS E POLIMÉRICOS

Bruno Fernando Gianelli⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais pela Unesp-Sorocaba. Doutorando em Ciência e Tecnologia dos Materiais pela Unesp-Sorocaba. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Itapetininga.

Sandro Donini Mancini⁽²⁾

Engenheiro de Materiais pela UFSCAR. Mestre em Engenharia de Materiais pela UFSCAR. Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSCAR. Professor da UNESP – Sorocaba.

Vladimir Xavier Batista⁽³⁾

Engenheiro Ambiental - Diretoria de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente - AES Eletropaulo –

Gabriela Antoniol⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela UNESP - Sorocabade.

Juliane Ziviane⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela UNESP - Sorocabade.

Endereço⁽¹⁾: Avenida João Olímpio de Oliveira, 1561. Vila Asem – Itapetininga – SP – CEP 18202-000 – Brasil – Tel: (15) 3376-9260. - e-mail: brunogianelli@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Avenida Três de Março, 511. Sorocaba – SP – CEP 18087-180 – Brasil – Tel: (15) 3238-3401 – e-mail: mancini@sorocaba.unesp.br

Endereço⁽³⁾: Rua do Lavapés, 463 - Cambuci São Paulo - SP - Brasil – CEP 01519-000 - Tel: (11) 2195-7015 - e-mail: vladimir.xavier@aes.com

RESUMO

Este trabalho refere-se ao efeito da reciclagem na avaliação de ciclo de vida de isoladores cerâmicos e poliméricos tipo poste, classe de tensão 15 KV, levando-se em conta o cenário atual de descarte de uma concessionária de distribuição de eletricidade, no caso a reciclagem da parte metálica presente em ambos e sua posterior destinação ao aterro sanitário. Sendo proposto também uma alternativa ao descarte dos isolador cerâmicos, empregando-os como substitutos à brita utilizada em subestações da própria concessionária, possibilitando assim reduzir seu impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação do Ciclo de Vida, Reciclagem, Isolador Polimérico, Isolador Cerâmico.

INTRODUÇÃO

Durante o processo de instalação, manutenção e reforma das redes de distribuição de energia geram-se uma grande quantidade de resíduos, sendo que destacam-se os isoladores cerâmicos e poliméricos, cujo processo de descarte atual é sua destinação para o aterro sanitário.

O objetivo desse estudo foi o de avaliar o efeito de diferentes cenários de reciclagem na avaliação do ciclo de vida desses isoladores e compará-los com o processo de descarte atual.

Para tanto, foi realizado o levantamento do processo produtivo desses isoladores perante um grande fabricante da área, assim como um balanceamento de massa e de energia despendidos na produção.

Realizou-se também uma avaliação da quantidade de isoladores consumidos pela concessionária, sua vida útil de operação e seu processo de descarte.

Após esse mapeamento, empregou-se um software especialista e uma base de dados indicadores para a avaliação do ciclo de vida desses produtos.

MATERIAIS E MÉTODOS

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão que permite avaliar os impactos ambientais potenciais de um produto, desde a extração da matéria-prima até a sua disposição final, sendo composta por quatro fases inter-relacionadas.

A primeira é a Definição do Objetivo e Escopo, na qual se define o contexto, o propósito, as fronteiras e a unidade funcional do estudo.

Na fase seguinte, Análise do Inventário, é realizado o levantamento de dados e a quantificação das entradas e saídas do sistema.

Na Avaliação de Impactos Ambientais, os impactos correlacionados com os dados obtidos na etapa anterior são classificados, caracterizados e ponderados quanto ao seu grau de significância. E, na fase de Interpretação, os resultados obtidos são combinados e interpretados de acordo com os objetivos pré-definidos [1].

Os resultados obtidos a partir da ACV podem ser empregados pelas organizações como ferramenta decisória para aquisição de produtos, melhoria de processos e produtos, definição dos melhores cenários de descarte final (reaproveitamento, reciclagem, aterros sanitários, etc.), identificação e quantificação de significativos impactos, entre outras aplicações [2].

A ACV fornece uma visão abrangente dos aspectos ambientais associados ao produto ou processo, permitindo estimar os impactos ambientais cumulativos resultantes das diferentes etapas do ciclo de vida. Assim, a ACV avalia todas as etapas da vida de um produto, partindo-se da perspectiva de que tais etapas são interdependentes e que os problemas ambientais são transferidos de uma etapa para outra [2].

A partir da elaboração de um estudo de ACV, é possível [2]:

- Desenvolver uma sistemática de avaliação das consequências ambientais associadas a um determinado produto;
- Realizar um balanço ambiental (entradas/saídas) associados a um processo ou produto, visando uma ação planejada;
- Quantificar as descargas ambientais para o solo, ar e água correspondente a cada estágio do ciclo de vida;
- Auxiliar na identificação de mudanças que possam contribuir para minimizar os impactos ambientais;
- Avaliar os efeitos ecológicos e humanos provocados pelo consumo de materiais e pelas descargas ambientais;
- Comparar os impactos ecológicos e humanos entre dois produtos concorrentes;
- Identificar impactos em uma ou mais área ambiental específicas.

Entretanto, a ACV apresenta algumas limitações, sendo a dificuldade de coleta de dados a principal delas. Segundo Ibrahim (2007), trata-se de uma atividade complexa devido ao alto nível de detalhamento requerido, exigindo a utilização de equipamentos específicos e longo tempo para geração de dados confiáveis.

Outra limitação, é que os resultados obtidos em um estudo de ACV em uma determinada região não podem ser adotados em outras regiões, o mesmo acontece com relação à época em que foi realizado o estudo. Isto porque as diferenças econômicas, sociais e culturais interferem no resultado final do estudo.

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ISOLADORES

Para este estudo adotou-se como padrão o isolador cerâmico do tipo poste, classe de tensão de 15 KV (Figura 1).



Figura 1. Isolador cerâmico tipo poste, classe de tensão 15 KV, com ferragem metálica.

A Tabela 1 denota a massa das principais matérias-primas empregadas na produção do isolador citado e a distância entre os fornecedores e um dos principais fabricantes deste isolador, enquanto que a Tabela 2 reproduz o consumo energético e de água durante o seu processo de fabricação.

Tabela 1. Matérias-Primas do isolador cerâmico e distância média do fornecedor para o produtor.

Matéria Prima	Massa do Isolador Cerâmico (kg)	Distância fornecedor - fábrica de isoladores (km)
base metálica	0,58	200
cimento portland	0,09	200
quartzo	1,51	185
feldspato	1,26	2684
caulin	1,00	205
argila	1,26	2980

Tabela 2. Consumo energético e de água por quilograma de corpo cerâmico.

Gasto Energético / Água	Por kg de corpo cerâmico fabricado
gás natural	2175 Kcal
energia elétrica	0,64 Kwh
água	2,25 litros

Na fabricação desses isoladores cerâmicos emprega-se a massa plástica, obtida a partir da adição de água, em teores de aproximadamente 20%, às matérias-primas. Tal ação permite obter uma forma passível de ser processada por torneamento, para a obtenção do formato do produto acabado [3].

O processo de fabricação consiste das seguintes etapas principais:

- Peneiramento, lavagem e homogeneização das matérias-primas;
- Filtro-prensagem para retirada de excesso de água;
- Extrusão à vácuo da massa cerâmica;
- Torneamento para obtenção da forma final do produto acabado;
- Secagem em estufa a 1000C;
- Esmaltação por imersão;
- Sinterização do corpo cerâmico;
- Colagem da parte metálica ao corpo cerâmico com o uso de cimento portland.

Vale ressaltar que o processo de sinterização do corpo cerâmico, neste fabricante, ocorre em fornos do tipo túnel a 1.300oC, com ciclos de 30 horas. A queima ou sinterização consiste na coalescência das partículas de cerâmica, o que fornece a resistência mecânica adequada à aplicação final

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ISOLADORES

Segundo [4], a fabricação de isoladores poliméricos é baseada no processo de injeção. Isso se deve ao fato desse processo permitir a obtenção de produtos finais com alto grau de repetibilidade para comprimentos não superiores a 1.800 mm, empregados na fabricação dos isoladores. O equipamento usado nesse processo é uma injetora, normalmente constituída por um funil alimentador (a), um parafuso de injeção (b), resistências termoeletricas (c), um bulbo de injeção (d), canal de alimentação (e) e um molde (f), como mostra a Figura 2.

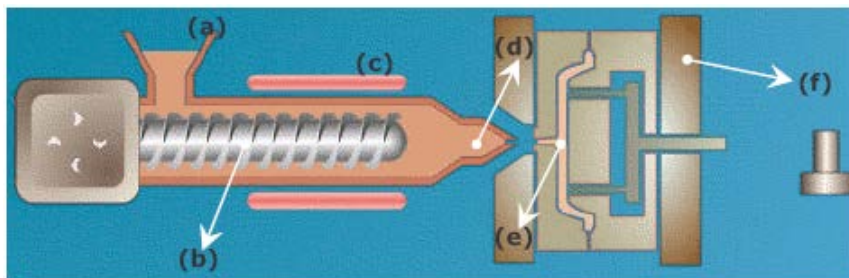


Figura 2 – Esquema de um Processo de Injeção (<http://www.battenfeld-imt.com/en/home.html>, acesso em 29/11/2010).

Durante esse processo um núcleo reforçado de fibra de vidro, também conhecido como “fiber glass reinforced plastic”, ou FRP, é posicionado dentro do molde e preparado para a injeção. O silicone é então alimentado na injetora através do funil alimentador, e conduzido para a parte frontal através do parafuso de injeção, enquanto as resistências termoeletricas aquecem o material, tornando-o mais maleável. Quando o bulbo de injeção estiver totalmente preenchido, o parafuso de injeção avança e através do canal de alimentação preenche o molde, dando origem assim ao isolador polimérico (Figura 3).

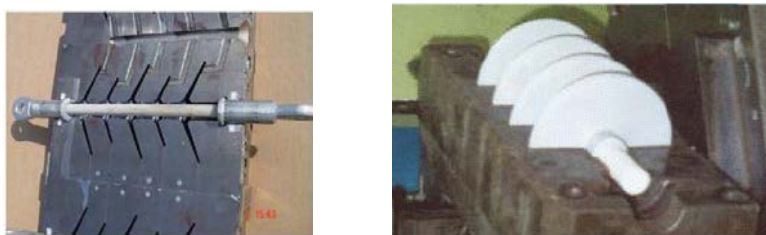


Figura 3 – Isolador Polimérico tipo Bastão antes e após o Processo de Injeção

As principais características de cada um desses componentes encontram-se listadas a seguir:

- Núcleo: constituído de fibra de vidro reforçada - FRP (“fiber-glass reinforced plastic”), sendo que o material empregado normalmente é uma fibra de vidro e uma resina epóxi como matriz. Possui como característica servir de matriz para a deposição da borracha de silicone durante o processo de injeção
- Pontas de conexão: normalmente são constituídas de aço forjado, alumínio ou outros materiais condutores e com boa resistência mecânica. São fixadas previamente ao núcleo antes mesmo desse ser submetido ao processo de injeção. Possui como característica principal a de servir de conexão e ancoragem entre a linha de transmissão de energia e a torre.
- Superfície polimérica: como já mencionado, é constituída de borracha de silicone e provê principalmente isolamento elétrica e proteção ao núcleo de FRP.

Um isolador polimérico pesa aproximadamente 3,50 kg, sendo que sua parte polimérica corresponde a 0,80 kg de seu peso total; 1,20 kg é o peso da FPR e o restante, 1,50 kg é o peso das extremidades metálicas.

As bases metálicas são adquiridas de um fabricante que dista aproximadamente 200 km do fabricante de isoladores, enquanto que para os materiais poliméricos e FPR a distância média é de 500 km.

RESULTADOS OBTIDOS

Para realizar tal avaliação e o estudo comparativo entre o cenário atual (descarte em aterro sanitário) e os cenários propostos, empregou-se o software SIMAPRO (versão 7.2), a base de dados ECOINVENT e o método de análise ECO-INDICATOR 99.

RECICLAGEM DE ISOLADORES CERÂMICOS

Para os isoladores cerâmicos foram definidos dois cenários alternativos ao cenário de descarte atual, sendo que o primeiro deles refere-se à reciclagem da parte metálica do isolador e descarte em aterro sanitário da parte cerâmica (material inerte).

O segundo cenário alternativo relaciona além da reciclagem da parte metálica, o reaproveitamento do corpo cerâmico moído como substituto à brita empregada em subestações como isolante de solo.

No primeiro cenário alternativo, reciclagem da parte metálica, não é observado alterações significativas na ACV dos isoladores, sendo que a redução no impacto ambiental seria da ordem de 0,9%.

Os pontos mais significativos estariam relacionados à ecotoxicidade (reduzida em 8,8%), extração de minerais, mudanças climáticas e substâncias orgânicas respiráveis (redução de 3,9%, 3,6% e 3,25% respectivamente).

No entanto ao analisar-se o segundo cenário alternativo, a reciclagem da parte metálica e o emprego do corpo cerâmico como alternativa à brita empregada em subestações, observa-se que o grande impacto ambiental nos dois casos é a geração de produtos carcinogênicos, responsável por 81% no caso do cenário atual e 78% no cenário proposto, seguido de combustíveis fósseis (8% e 7%, respectivamente) e ecotoxicidade (7,5% e 4%, respectivamente). (Gráfico 1).

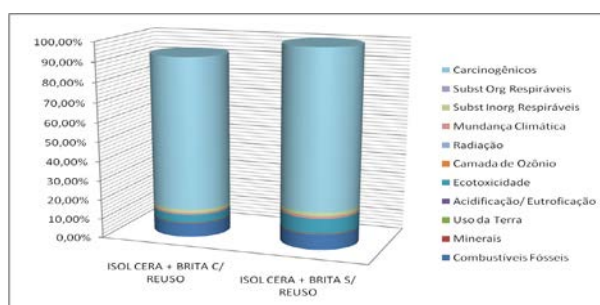


Gráfico 1 – Estudo comparativo de ACV de isoladores cerâmicos com e sem cenário alternativo 2.

É possível observar uma redução de 50% no impacto de disposição em aterros, devido ao não aterramento da brita pós-uso neste cenário. Também se observa uma redução de 16% no impacto decorrente do transporte, tendo em vista as menores distâncias percorridas entre o isolador britado e a brita comercial até a empresa.

RECICLAGEM DE ISOLADORES POLIMÉRICOS

Infelizmente os dados de reciclagem de isoladores poliméricos não foram positivos. O cenário alternativo de reuso do material como carga em fornos de cimento, mostrou-se inviável devido ao baixo poder calorífico da borracha de silicone.

Pode-se citar como um outro ponto de difícil solução, para a reciclagem de isoladores poliméricos, a separação das pontas de conexão metálicas de seu núcleo de fibra de vidro (Figura 4). Devido ao seu processo de fixação, realizado por forjamento, é necessário um considerável gasto energético para a realização de tal procedimento.

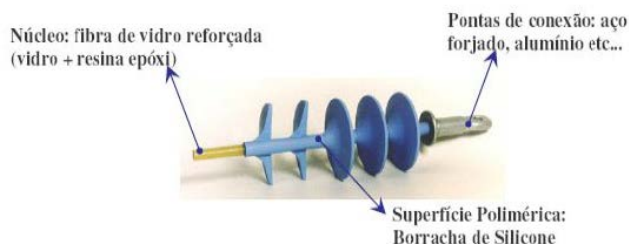


Figura 4 – Elementos de um Isolador Polimérico

As simulações geradas no software de Análise de Ciclo de Vida SIMAPRO, apresentaram um impacto ambiental similar entre o cenário de descarte atual e o cenário de reuso do isolador, sendo a diferença entre as mesmas inferiores a 1,0%.

Inclusive os gastos energéticos para a reciclagem de isoladores poliméricos apresentaram relativamente maiores se comparados ao cenário atual de descarte em aterro sanitário.

CONCLUSÕES

O emprego de isoladores cerâmicos como brita pode possibilitar uma redução do impacto ambiental de seu ciclo de vida de 8,5% em comparação com o aterramento (cenário atual).

Caso seja aplicada a moagem dos isoladores, para obtenção de produto substituo à brita, estima-se uma redução de 47% na ecotoxicidade, 24% na acidificação e em substâncias orgânicas respiráveis, 15% no uso da terra e em substâncias inorgânicas respiráveis. Isso denota os benefícios do emprego de cenários alternativos de reciclagem / reutilização de produtos em contraste com formas de destinação final, mesmo as consideradas adequadas em termos ambientais e de saúde pública.

Já a reciclagem de isoladores poliméricos sendo aplicáveis como carga em fornos de cimento, não apresentou-se como uma boa solução, pois apresentou reduções inferiores a 1,0% do impacto ambiental, o que torna a interpretação dos dados como inconclusivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Environmental management – Life Cycle Assessment: Principles and Framework – ISO 14040. Genebra: 2006.
2. CURRAN, M. A. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. Ohio: EPA, 2006.
3. KINGERY, W. D.; BOWEN, H. K.; UHLMANN, D. R. Introduction to Ceramics. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1976.
4. MOBEDJINA, M., JOHNNERFELT, B. & STENSTRÖM, L., Design and testing of polymer-housed surge arresters, Disponível em: [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT245.NSF/VerityDisplay/3F4D4730395BFFF4C1256FCE00241963/\\$File/1998-10%20Abu%20Dhabi%20Cigre.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT245.NSF/VerityDisplay/3F4D4730395BFFF4C1256FCE00241963/$File/1998-10%20Abu%20Dhabi%20Cigre.pdf) . Acesso em 19 dez. 2010.