

Subsídios para Avaliação do Ciclo de Vida em Cabos de Telecomunicações

SILVEIRA, Sirney ^{1,2}; COMAR, Regina G. ^{1,2}; SILVA, Roberto P.B. ¹; MARTINIANO Thaliane ² e OMETTO, Aldo²

¹ Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

² EESC – Universidade de São Paulo

SÚMULA

O Setor de telecomunicações teve um avanço surpreendente com o desenvolvimento e implantação das fibras ópticas, tendo destaque em vários fatores, tais como a maior eficiência e as melhores taxas de transmissão de sinal, em comparação com as tecnologias até então utilizadas. O estudo descrito neste trabalho apresenta subsídios para o desenvolvimento da Avaliação do Ciclo de Vida de dois sistemas, utilizando cabos metálicos (transmissão de sinal por pares metálicos) e cabos ópticos (transmissão de sinal por fibras ópticas), na conexão de duas centrais telefônicas, visando a comparação e a discussão dos impactos ambientais decorrentes dos dois tipos de tecnologias, nas fases de extração dos recursos minerais, produção das matérias-primas, uso e disposição final dos produtos. Ressalte-se que a fase de produção dos cabos não foi considerada, devido a ausência de dados reais dos fabricantes. Foi utilizado o método EDIP, considerando as categorias de impactos *midpoint* mais expressivas para o estudo: aquecimento global e a depleção da camada de ozônio e a utilização de recursos naturais. Observou-se que o cabo metálico apresenta maior consumo de recursos naturais e também maior potencial de impacto ambiental nas categorias de impacto estudadas.

Palavras Chave: Avaliação do Ciclo de Vida, Transmissão de Sinal em Redes de Telecomunicações, Cabos Ópticos, Cabos Metálicos e Impacto Ambiental.

SUMMARY

The telecommunications sector had an amazing advancement in the development and deployment of optical fibers, having featured in several factors, such as increased efficiency and the best rates signal transmission compared to the technologies previously used. The study described in this paper provides insights into the development of the Life Cycle Assessment of two systems, using metal cables (signal transmission by metallic pairs) and optical cables (signal transmission by optical fibers), the connection of two telephone exchanges, seeking comparison and discussion of environmental impacts of two types of technologies in resource extraction of mineral resources, production of raw



materials, use and disposal of products. It should be noted that the production phase of the cables was not considered due to lack of real data from manufacturers. EDIP method was used, considering the categories of midpoint impacts more significant for the study: global warming and the depletion of the ozone layer and the use of natural resources. It was observed that the wire rope has a higher consumption of natural resources and also greater potential environmental impact impact categories studied.

Keywords: Life Cycle Assessment, Signal Transmission in Telecommunications Networks, Optical Cables, Wire Rope and Environmental Impact.

OBJETIVOS

Neste trabalho serão apresentados dados que podem dar subsídios à Avaliação do Ciclo de Vida, nas fases de extração da matéria-prima, uso e destinação final de dois sistemas de produtos de telecomunicações. Duas tecnologias distintas foram estudadas, considerando a transmissão de sinal entre duas centrais telefônicas, utilizando cabeamentos de cabo metálico e de cabo óptico. A disposição final foi estudada com possibilidades de disposição em aterro e incineração.

Rede de telecomunicações

Uma rede de telecomunicação é composta por um sistema de transmissão que se baseia em uma central de comunicação (central telefônica) e conta com uma série de cabos de transmissão que são subdivididos, de acordo com a necessidade do número de usuários conectados.

A central telefônica tem a função de automatizar os caminhos para a formação dos circuitos telefônicos e estabelecer circuitos temporários entre assinantes, permitindo o compartilhamento de meios e promovendo a otimização dos recursos disponíveis.

A central a que estão conectados os assinantes de uma rede telefônica em uma região é chamada de Central Local.⁽¹⁾ Para permitir que os assinantes ligados a uma Central Local falem com os assinantes ligados a outra Central Local, são estabelecidas conexões entre as duas centrais, conhecidas como circuitos troncos. As Centrais Tandem fazem a comutação de troncos entre centrais locais em uma área local ou região metropolitana, e são empregadas para otimizar o encaminhamento do tráfego em uma região com grande número de centrais locais.⁽²⁾

Em uma cidade podemos ter uma ou várias Centrais Locais. Em uma região metropolitana pode ser necessário o uso de uma Central Tandem que está conectada apenas a outras centrais, para otimizar o encaminhamento do tráfego.

Estas centrais telefônicas locais estão também interligadas a Centrais Locais de outras cidades, Estados ou países, através de centrais de comutação intermediárias, denominadas de Centrais-Trânsito. As Centrais-Trânsito são organizadas hierarquicamente conforme sua área de abrangência, sendo as Centrais-Trânsito Internacionais as de mais alta hierarquia. Desta forma é possível conectar um assinante ao outro, em qualquer parte do mundo. A Figura 1 apresenta um sistema simplificado de transmissão de telecomunicações.^(3 e 4)

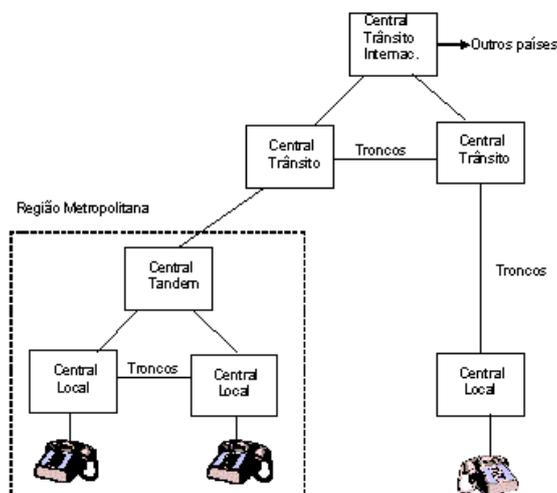


Figura 1: Sistema simplificado de transmissão de telecomunicações (local, metropolitano, interurbano e internacional).

Avaliação do Ciclo de Vida

Segundo a ISO 14040⁽⁵⁾, a Avaliação do Ciclo de Vida é a compilação e a avaliação das entradas (*inputs*), saídas (*outputs*) e dos potenciais impactos ambientais do sistema de um produto, durante o seu ciclo de vida. O processo de elaboração da ACV é dividido em quatro fases: definição do objetivo e do escopo, análise de inventário ou levantamento de dados, avaliação de impactos e interpretação dos resultados. A Figura 2 mostra a estrutura de um estudo de ACV e as fases correlacionadas.



Figura 2: Fases da Avaliação do Ciclo de Vida.⁽⁵⁾

MÉTODOS



O estudo realizado utilizou como metodologia os itens definidos pela Norma ABNT NBR 14.040,⁽⁵⁾ com dados de fatores EDIP obtidos no *HandBook General guide for Life Cycle Assessment*⁽⁶⁾. Dessa maneira, foi realizado um levantamento da estrutura da rede de telecomunicações e da metodologia de comunicação entre centrais telefônicas com diferentes tecnologias, passíveis de comparação para o estudo de ACV. Foi definido o objetivo e escopo do estudo de acordo com a norma e realizou-se o levantamento dos tipos de cabos de telecomunicações utilizados entre centrais Tandem de telefonia. Em seguida, foi realizada a aquisição de dados primários dos cabos utilizados na comunicação entre centrais Tandem, considerando duas tecnologias: rede metálica e rede óptica. De acordo com esses dois sistemas, realizou-se: a análise do inventário do ciclo de vida de ambos os sistemas; a análise do impacto ambiental decorrente das duas tecnologias, bem como de dois métodos de destinação final dos produtos (descarte em aterro e incineração).

Levantamento da estrutura da rede de telecomunicações entre centrais telefônicas

Ao se realizar o estudo de ACV, é necessário um padrão de comparação de uma função utilizada nos sistemas em estudo, para análise comparativa dos impactos ambientais decorrentes. Nas centrais telefônicas Tandem, podem ser utilizados cabos metálicos ou ópticos, para a ligação de duas Centrais Locais. Como nesta conexão as ligações entre as centrais é realizada apenas pelo cabo, sem nenhuma ramificação, devido à otimização do tráfego, pode-se realizar uma comparação destes dois sistemas neste estudo, utilizando-se apenas o comprimento do cabo utilizado.

Definição do Objetivo e Escopo

A definição do objetivo do estudo foi realizada de acordo com a Norma que determina aspectos quanto à aplicação pretendida, sendo essa definida como comparação do ciclo de vida dos cabos de transmissão utilizados nas tecnologias com sistemas ópticos e metálicos do setor de telefonia fixa, em uma central Tandem.

O público-alvo do trabalho foi a comunidade científica, porém, vislumbrando-se também a utilização por fabricantes dos produtos e órgãos reguladores, para definições de regulamentações ambientais, devido ao seu caráter inovador para o setor. A principal razão do seu desenvolvimento foi a conscientização do setor de telecomunicações e a motivação do uso da metodologia, norteando o desenvolvimento de novas pesquisas.

A base de dados utilizada não considera a região estudada (Brasil), pois ainda não há inventário disponível. Assim, foram utilizados bancos de dados europeus que apresentam características climáticas diferentes da média brasileira, sendo esta, a maior limitação do estudo.

Além disso, neste estudo, não foi considerada a etapa de fabricação, devido a ausência de dados primários ou secundários. Quanto as categorias de impactos relevantes, foram considerados os impactos de *Midpoint* (tipo de correlação que refere-se ao efeito direto da emissão para o meio ambiente, por exemplo, o aumento da temperatura global e não o efeito da consequência desse aumento)⁽⁷⁾ para o aquecimento global, com objetivo de estudar os gases emitidos no ciclo de vida destes produtos e o impacto na camada de



22 a 24 de julho de 2013
Porto Alegre - RS

4 FORUM INTERNACIONAL
DE RESÍDUOS SÓLIDOS

ozônio, objetivando o estudo da emissão de CFC utilizando o método EDIP, o método CLM e a modelagem do tipo atribucional (avaliações atribucionais do ciclo de vida lidam principalmente com as intervenções ambientais relacionadas ao local vinculado ao produto em análise e consideram somente os efeitos diretos)⁽⁸⁾.

Na definição dos limites de corte do estudo foi considerado um corte para os materiais que apresentam até 5% em massa do produto estudado, desde que não tenha impacto considerável (como sugerido pelo *HandBook - General guide for Life Cycle Assessment*).

O estudo realizado tem validade de 20 anos, sendo coerente com a expectativa de utilização do sistema implantado no Brasil (utilizando base de dados europeia, num escopo tecnológico atual).

No estudo, foram consideradas informações primárias para a quantificação de material em uma determinada quantidade de material, tanto para os cabos metálicos, como para os ópticos. Para a modelagem de impactos e processos de análise, foram utilizadas fontes secundárias de *softwares* e referências bibliográficas. Como há poucas bases de dados brasileiras para os materiais utilizados no produto, foi utilizada uma base de dados europeia. Isso pode diminuir a precisão dos resultados, pois as características geográficas e os processos produtivos podem diferir entre um país e outro.

Função e Unidade funcional

A função para os estudos considerados é transmitir o sinal de telecomunicações.

A unidade funcional foi definida como o quanto de material foi utilizado em 400 metros de cabo (óptico ou metálico), para atender a função definida acima, por 20 anos de instalação (tempo considerado como vida útil do produto).

Fluxo de referência

A Figura 3 apresenta o fluxo de referência estudado no sistema 1 (cabo metálico – CPT-APL 200 pares), e a Figura 4 do sistema 2 (cabo óptico – CFOA SM - DE - 36 FO). Nesses estudos, foram consideradas as etapas de extração da matéria-prima, uso e destinação final do polietileno para incineração e disposição em aterro sanitário. Não foram consideradas as etapas de transporte e fabricação dos cabos.

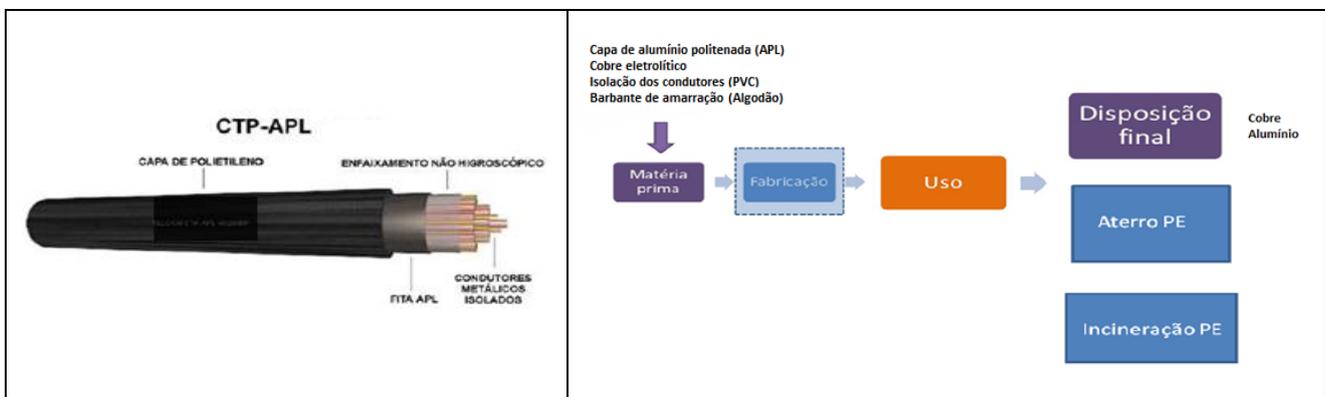


Figura 3: Fluxo de referência do processo produtivo do cabo metálico – sistema 1.

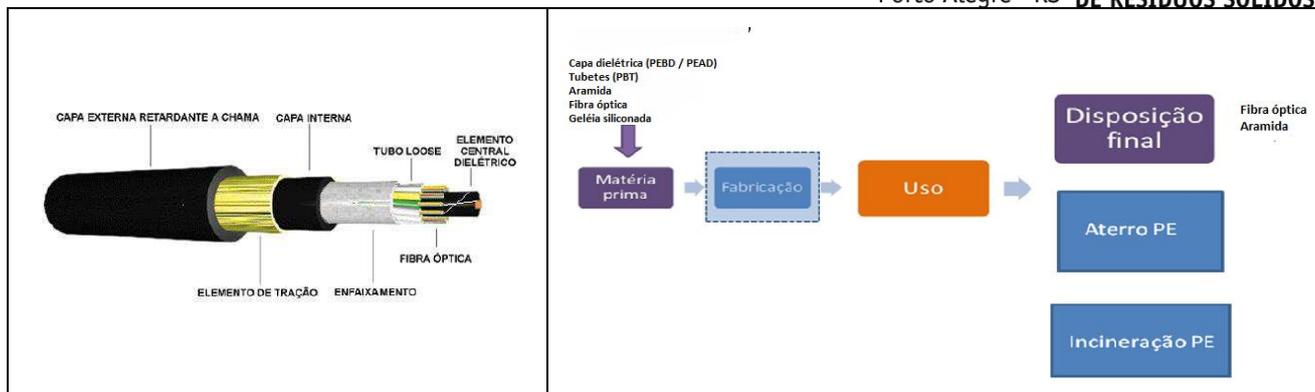


Figura 4: Fluxo de referência do processo produtivo do cabo óptico – sistema 2.

Inventário do Ciclo de Vida e Análise

Para a realização do inventário do ciclo de vida, foram utilizadas as bases de dados provenientes da Comissão Européia de Ferramentas, Serviços e Bases de ACV. Foram utilizados os dados de entradas e saídas de material e energia, para as etapas de produção, tanto do cabo metálico, como do cabo óptico. Para esse levantamento, de acordo com a definição de corte no escopo do trabalho, não foram considerados os materiais que apresentam porcentagem em massa inferior a 5%. As Tabelas 1 e 2 ilustram, respectivamente, informações sobre as base de dados consultadas nas fases de produção da matéria-prima e destinação final.

No sistema 1, foram consideradas as seguintes matérias-primas: cobre, polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e alumínio. Considerando o seguinte sistema de produto: extração da matéria-prima de cobre/produção de fios; produção do PEAD; produção do PEBD; produção do alumínio e disposição do cabo, considerando as alternativas de descarte em aterro e incineração para o polietileno.

No sistema 2 foram considerados os seguintes materiais: polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e aramida. Considerando o seguinte sistema de produto: produção do PEAD, produção do PEBD, produção de fibra/aramida e disposição do cabo, considerando alternativas de descarte em aterro e incineração para o polietileno.

Tabela 1: Base de dados consultada na fase de produção da matéria-prima.



22 a 24 de julho de 2013
Porto Alegre - RS

4 FORUM INTERNACIONAL
DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Material	Base	Localização	Ano	Categoria
PEAD	Polyethylene high density granulate (PE-HD); production mix, at plant	RER	1999	Materials production / Plastics
PEBD	Polyethylenel ow density granulate (PE-HL); production mix, at plant	RER	1999	Materials production / Plastics
Aramida	Nylon 66 granulate (PA66) production mix, at plant	RER	1996	Materials production / Plastics
Alumínio	Aluminium sheet; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished sheet product, including primary production, transformation and recycling	RER	2005	Materials production / Metals and semimetals
Cobre	Copper wire; technology mix; consumption mix, at plant; cross section 1 mmy	EU-15	2000	Materials production / Metals and semimetals

Fonte: ELCD data base: <http://lca.jrc.ec.europa.eu>. (c) European Commission 1995-2012.⁽⁹⁾

Tabela 2: Base de dados consultada na fase de destinação final.

Material	Base	Localização	Ano	Categoria
PE - landfill	Landfill of plastic waste; landfill including landfill gas utilization and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site	EU-27	2006	End of life treatment/landfilling
PE - incineration	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB) average European waste to energy plant without collection, transport and pre-treatment; at plant	EU-27	2006	End of life treatment/energy recycling

Fonte: ELCD data base: <http://lca.jrc.ec.europa.eu>. (c) European Commission 1995-2012.⁽⁹⁾

Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Após a análise das matérias-primas e a elaboração do inventário do produto, é realizado o estudo da significância dos potenciais impactos ambientais detectados no inventário do ciclo de vida. Em geral, esse processo envolve associar dados do inventário com categorias de impactos específicas e indicadores de categoria, tentando, dessa forma, entender tais impactos.^(10,11,12) Nesse contexto de ACV, a análise dos impactos ambientais possui dois objetivos: tornar os dados de inventário mais relevantes, pelo aumento do conhecimento sobre os potenciais impactos ambientais e facilitar a agregação e interpretação dos dados do inventário, em formas que sejam mais manejáveis e significativas para a tomada de decisão.⁽¹³⁾ Neste trabalho, optou-se por analisar as categorias de impacto do potencial de aquecimento global e depleção da camada de ozônio.

Aquecimento global

A energia da atmosfera terrestre, que é recebida do sol por pequenas ondas de radiação (UV e luz visível), é refletida diretamente ou re-emitada da atmosfera ou da superfície da Terra em ondas de radiação infravermelha (IV). O aumento da radiação térmica junto a superfície do globo, eleva sua temperatura.^(11,12) Quantidades crescentes de CO₂, N₂O, CH₄, aerossóis e outros gases na atmosfera terrestre, estão conduzindo a uma absorção cada vez maior das radiações emitidas pela Terra.⁽¹³⁾ Estes processos contribuem para o aquecimento global. As substâncias que influenciam indiretamente o aquecimento global são: monóxido de carbono; óxidos de nitrogênio; hidrocarbonetos (que não são metanos) e dióxido de enxofre. Os fatores de conversão para transformação dos gases do efeito estufa em CO₂ equivalente são denominados Potenciais de Aquecimento Global (PAG). O potencial de determinada substância é a taxa entre a contribuição à absorção do calor irradiado, resultante da emissão instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e uma emissão igual de CO₂, integrado em um dado tempo. A unidade de medida desta categoria de impacto é kgCO₂ equivalente, considerando o impacto após 100 anos.^(11,12)

Depleção da camada de ozônio estratosférico

A camada estratosférica está localizada de 15 km a 50 km acima da superfície da Terra. Nessa região, a formação de ozônio (O₃) é significativamente alta, em relação às outras regiões da atmosfera. As moléculas de ozônio na estratosfera absorvem uma grande quantidade de radiação UV. A concentração das substâncias capazes de degradar o O₃ na Terra tem aumentado, especialmente nos últimos 40 anos, devido à atividade antrópica. O uso de aerossóis a base de haletos orgânicos e seus derivados, são os principais agentes de depleção da camada de ozônio. A emissão dos diferentes compostos como cloro e bromo, quando emitidos em larga escala, são capazes de realizar a quebra da molécula de ozônio, aumentando a entrada da radiação UV na superfície da Terra. Desse modo, as substâncias que colaboram para depleção da camada de ozônio são substâncias que contêm cloro e bromo, halocarbonetos parciais ou totais, como grupo de CFC; Tetraclorometano; HCFCs (muito utilizados durante o período de transição do CFC); 1,1,1-Tricloroetano; Halogênios, HBFCs e metileno de bromo. Os fatores de conversão desta categoria de impacto transformam os haletos orgânicos em CFC-11 equivalente.^(11,12)

RESULTADOS

Na análise de impactos decorrentes do ciclo de vida dos dois sistemas estudados, verifica-se que a maior contribuição no consumo de recursos e energia (renováveis e não renováveis) está na produção da fita de alumínio (da capa de Alumínio politenada), que é utilizada no cabo metálico (10.036 kg) – sistema 1. No cabo óptico – sistema 2, é possível verificar que o consumo de energia não renovável mais expressivo é proveniente da produção do polietileno. A Tabela 3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos no consumo de recursos para produção da matéria-prima dos sistemas 1 e 2.



Tabela 3: Síntese do consumo de recursos na produção da matéria-prima (unidade funcional) dos sistemas 1 e 2.

Consumo	Sistema 1 (x10 ³)	Sistema 2 (x10 ³)
Recursos não renováveis (kg)	10,6	0,0
Recursos renováveis (kg)	34,8	7,6
Energia não renovável (MJ)	83,8	14,2
Energia renovável (MJ)	16,8	-7,0

As análises do Potencial de Impacto para Aquecimento Global e Depleção da camada de ozônio dos dois sistemas estudados são apresentadas, respectivamente, na Tabela 4 e na Tabela 5, sendo que ambas mostram que o impacto ambiental do sistema 1 é maior do que o do sistema 2. Considerando a destinação final com disposição em aterro, pode-se observar que o sistema 2 (cabo óptico) apresenta uma maior contribuição ao potencial de aquecimento global. Já considerando o cenário de incineração, o sistema 1 (cabo metálico) apresenta maior contribuição.

Tabela 4: Síntese de resultados do Potencial de Impacto para aquecimento global na produção de matérias-primas e alternativas de disposição final dos sistemas 1 e 2.

Processo	Sistema 1	Sistema 2
	kgCO ₂ eq/unidade funcional (x10 ³)	kgCO ₂ eq/unidade funcional (x10 ³)
Extração/produção de matéria-prima	4,9	1,9
Disposição do cabo (PE aterro)	0,0	0,1
Disposição do cabo (Incineração)	43,8	0,0

Tabela 5: Síntese de resultados do Potencial para Depleção da Camada de Ozônio na produção de matérias-primas e alternativas de disposição final dos Sistemas 1 e 2.

Processo	Sistema 1	Sistema 2
	kgCFC-11eq/unidade funcional (x10 ³)	kgCFC-11eq/unidade funcional (x10 ³)
Extração/produção de matéria-prima	4,8	0,0
Disposição do cabo (PE aterro)	0,0	0,0
Disposição do cabo (Incineração)	0,0	0,0

CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o consumo de recursos (renováveis e não renováveis) e o consumo de energia (renováveis e não renováveis) para a produção da matéria-prima dos produtos é maior no cabo metálico (sistema 1), do que no cabo óptico (sistema 2). Os potenciais impactos ambientais (aquecimento global e depleção da camada de ozônio),



obtidos para a produção da matéria-prima, apresentam-se maiores para o cabo metálico. Considerando as etapas dos ciclos de vida dos produtos estudados (produção de matéria-prima e destinação final), existe uma alteração relevante nos impactos, de acordo com a destinação final.

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma ferramenta muito útil em avaliações ambientais de processos de disposição final de resíduos e na escolha da melhor metodologia para descarte/reuso/reciclagem, com menor impacto ambiental.

Limitações e considerações

A grande limitação do estudo realizado foi a ausência de base de dados brasileira e as restrições das bases de dados européias. Por exemplo, não foi localizada, na base de dados européia, considerações a respeito da disposição final do alumínio, da aramida (nylon) e do cobre. Isso tornou a avaliação do ciclo de vida restrita às partes do produto (PEBD e PEAD). Espera-se que, com o desenvolvimento desta tecnologia recente, dados de inventários brasileiros possam ser desenvolvidos, enriquecendo e aprimorando os estudos ambientais no País.

REFERÊNCIAS

1. CENTRAL TELEFÔNICA. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/51064027/A-Central-Telefonica>>, acesso em Abril de 2013.
2. GROU.PS: *Smart Groups*. Disponível em <http://grou.ps/smart_groups/talks/6526774>, acesso em Abril de 2013.
3. TELECO INTELIGÊNCIA EM TELECOMUNICAÇÕES. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialstfc/pagina_1.asp>, acesso em Abril de 2013.
4. FUNDAÇÃO EDUCACIONAL ALTO MEDIO SÃO FRANCISCO. Disponível em <<http://www.funam.com.br/arquivos/Apostilatelefonica.pdf>>, acesso em Abril de 2013.
5. NBR ISO 14040: 2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura.
6. JRC European Commission; *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance; 1st edition; 2010; 394p.*
7. http://www.eesc.usp.br/shs/neper/isimposio/palestras/03122009-tarde/ALDO_OMETTO-AvaliacaoDeCicloDeVida.pdf
8. PPGEM. Disponível em <www.ppgem.ct.utfpr.edu.br/documentos/IISA_PPGEM.pdf>. Acessado em Abril de 2013.
9. LCA. Disponível em <<http://lca.jrc.ec.europa.eu>>. (c) European Commission 1995-2012>, Acesso em Abril de 2013
10. OMETTO, A. R. (2005). Avaliação do Ciclo de Vida do Álcool Etílico Hidratado Combustível pelos Métodos EDIP, Exergia e Emergia. Tese de Doutorado. Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
11. WENZEL, H., HAUSCHILD, M.Z. and ALTING, L.: *Environmental assessment of products. Vol. 1 - Methodology, tools, techniques and case studies*, Chapman & Hall, United Kingdom, 1997; 544 pp.
12. WENZEL, H., HAUSCHILD, M.Z. and ALTING, L.: *Environmental Assessment of Products – Vol. 2 - Scientific Background; Kluwer Academic Publishers*, 1ª edição, 1998.
13. José Vicente Ferreira: Apostila de Análise de Ciclo de Vidas dos Produtos - Instituto Politécnico de Viseu, 2004.
14. CHEHEBE, J.R; Análise do Ciclo de Vida de Produtos - ferramenta gerencial da ISO14000; Rio de Janeiro; Qualymark Ed., 2002.