

RESUMO

As discussões sobre a utilização de tecnologias mais limpas em todos os segmentos de mercado vêm ganhando força no mundo atual. A indústria de embalagens, por estar relacionada ao aumento crescente na geração de resíduos sólidos, torna-se um foco importante na busca pelo desenvolvimento sustentável. A indústria de bebidas vem sofrendo profundas transformações quanto à escolha da matéria-prima utilizada nas embalagens, em que vasilhames retornáveis vêm sendo substituídos por descartáveis. Daí a necessidade de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida, a fim de orientar a própria indústria, consumidores e políticas governamentais na busca de embalagens ambientalmente mais adequadas. Neste trabalho se buscou a comparação entre as garrafas de vidro e de PET, com volume de 600 ml, quanto ao gasto energético relativo ao transporte no estado de São Paulo, incluindo-se a distribuição do produto e a destinação final. Concluiu-se que as garrafas plásticas, apesar de seu baixo peso, têm um gasto energético no transporte maior que as de vidro, quando adicionados os gastos com a destinação final da embalagem, para uma distância de distribuição do produto de até 175 km.

ABSTRACT

Issues about the use of cleaner technologies in all the market segments are winning force in the current world. The packing industry, which is related to the increase of the solid waste generation, becomes an important focus in the search for the sustainable development. The beverage industry is suffering deep transformations in relation to the choice of the raw material used in the packing, where returnable bottles have been substituted for disposable bottles. Environmental Life Cycle Assessment is needed to guiding the industry, consumers and government politics in the search of acceptable environmentally packing. In this work, the comparison between the 600 ml bottles of glass and PET was done for energy consumption for the transport in the state of São Paulo, including the distribution of the product and the final destination. It was concluded that the plastic bottles, in spite of the low weight, have more energy consumption in the transport than those of glass, when added the packing final destination, for a product distribution distance up to 175 km.

USO DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) EM EMBALAGENS DE PLÁSTICO E DE VIDRO NA INDÚSTRIA DE BEBIDAS NO BRASIL

Andréa Rodrigues Fabi

Faculdade de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual de Campinas.

Adriano Viana Ensinas

Faculdade de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual de Campinas.

Iraci Pereira Machado

Faculdade de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual de Campinas.

Waldir Antonio Bizzo

Faculdade de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual de Campinas.
bizzo@fem.unicamp.br

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do comércio, a embalagem tem sido indispensável no transporte de muitos tipos de produtos, exercendo um papel cada vez mais importante para as empresas fabricantes, que buscam, além de diminuir as perdas do produto durante o transporte e armazenamento, aumentar a comunicação, conveniência e praticidade de seu produto.

Apesar de todas as vantagens que as embalagens ofereciam, no fim do último século começou-se a questionar o aumento crescente da geração e emissão de resíduos, decorrente de seu uso.

A indústria de bebidas foi se desenvolvendo com o aumento do mercado, buscando embalagens as quais acondicionassem volumes cada vez maiores e oferecendo praticidade aos consumidores, sem considerar que, a longo prazo, as mesmas pudessem causar uma série de prejuízos ambientais.

Em muitos países os vasilhames de vidro retornáveis não são mais utilizados, tendo sido substituídos por vasilhames descartáveis. No Brasil, quarto maior produtor mundial de cerveja, as garrafas de vidro retornáveis ainda são utilizadas para o envase de 85 a 90% da produção do produto. O mesmo não acontece com os refrigerantes nos quais vasilhames não-retornáveis são a maioria. Como o país ainda conta com o ciclo do produto voltado ao uso de retornáveis, torna-se imprescindível uma avaliação detalhada, dos diversos tipos de envase.

Neste trabalho essa avaliação foi limitada ao consumo energético e

emissões de CO₂ no transporte de vasilhames de PET (Politereftalato de etileno) descartáveis e de vidro retornável.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO)

A escolha do PET para uso em bebidas carbonatadas resultou em parcerias entre as indústrias de bebidas e as de plásticos para o desenvolvimento das embalagens. A indústria de bebida queria se beneficiar do crescimento das vendas gerado com o aumento do tamanho das garrafas, principalmente as de dois litros, fazendo com que a indústria plástica buscasse a melhor alternativa entre os polímeros, chegando-se ao PET (MATHIAS, 1997).

O PET tem como característica a baixa permeabilidade ao oxigênio e ao dióxido de carbono, sendo por isso o único plástico adequado para refrigerantes. Além da leveza e transparência, é inerte ao líquido, substituindo o vidro, quase 20 vezes mais pesado.

O polietileno tereftalato é o mais importante membro da família dos poliésteres, grupo de polímeros descoberto na década de 30 por W. C. Carothers, da Dupont, sendo, em 1941, patenteado como fibra têxtil pelos ingleses Whinfield e Dickson (CETEA, 1999). Em 1973, o processo de injeção com biorientação, desenvolvido pela própria Dupont, introduziu o PET na aplicação como garrafas, as quais começaram a ser produzidas em 1977 nos Estados Unidos, revolucionando o

mercado de bebidas e impulsionando o grande crescimento na utilização desse polímero (HARTWIG, 1998).

O PET é um polímero formado tanto pela reação do ácido tereftálico (TPA) como do dimetiltereftalato (DMT) com o etilenoglicol, produtos da indústria petroquímica, mais precisamente da nafta, obtida pelo craqueamento do petróleo, ou do gás natural.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO VIDRO

Recipientes de vidro são, provavelmente, a mais antiga embalagem manufaturada. Estima-se que o vidro tenha sido inventado na Ásia há 6.000 anos.

Nas últimas décadas o vidro passou a competir com o metal, sobretudo com o plástico, principalmente no envase de líquidos.

O vidro é um material obtido pela fusão de compostos inorgânicos (ver Tabela 1), a altas temperaturas, e resfriamento da massa resultante até um estado rígido, não-cristalino.

Uma característica especial das embalagens de vidro é a possibilidade de serem reutilizadas após o consumo do produto, sem perdas em suas propriedades, o que, para os dias de hoje, é uma grande vantagem. Assim, o vidro é uma excelente alternativa para um mundo realmente preocupado com problemas ambientais (ABIVIDRO, 2000).

As embalagens de vidro sofreram estagnação do consumo na primeira metade dos anos 90, quando começaram a sentir a concorrência de outros tipos de embalagens, sobretudo as plásticas.

Segundo a cervejaria Kaiser, nos EUA, por exemplo, 75% das embalagens de cerveja são descartáveis, devido ao consumo nas residências ser muito elevado, o que não ocorre no Brasil, onde as pessoas preferem consumir o produto, principalmente, em bares e restaurantes. Já na Europa a embalagem retornável é símbolo de economia financeira e respeito ao meio ambiente, principalmente na Dinamarca, na qual 100% do mercado é de retornáveis (SANTOS,1996).

GERAÇÃO DE RESÍDUOS E RECICLAGEM

Estamos vivenciando um momento de transformação na sociedade atual que, cada vez mais, preocupa-se com a qualidade de vida e os problemas ambientais. Apesar de o consumo de embalagens descartáveis ter alcançado a preferência do consumidor, existe a preocupação com a destinação final dessas embalagens, visto o aumento de seu volume no lixo urbano.

O Brasil produz cerca de 242.000 toneladas de lixo diariamente, destes, cerca de 76% ficam a céu aberto e

apenas 24% recebem tratamento mais adequado (VILHENA, 2000). A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, 1989, realizada pelo IBGE, editada em 1991, mostrou que o aumento populacional, bem como o crescimento da urbanização, não foi acompanhado de medidas necessárias para dar ao lixo gerado um destino adequado.

Um estudo realizado pela Environmental Protection Agency (EPA), na prevenção de geração de resíduos no setor de embalagens, propõe as seguintes práticas (JENKINS,1991):

1 – Redução na quantidade de matéria-prima utilizada por unidade de produto. Um exemplo disso são as tecnologias usadas na indústria de garrafas, que vêm conseguindo baixar o peso das mesmas. Segundo Franklin e Associates, de 1972 a 1987 a indústria vidreira norte-americana baixou o peso das garrafas retornáveis em 44%.

2 – Aumento da média do tempo de vida de bens duráveis e semi-duráveis, reduzindo-se as trocas.

3 – Substituição de garrafas *one-way* usadas uma única vez por garrafas reutilizáveis, além de aumentar o número de reutilizações das garrafas.

4 – Redução no consumo de bens, persuadindo as pessoas a moderarem

suas necessidades e desejos, o que leva a radicais mudanças no estilo de vida.

Um setor importante na indústria de embalagem é o *design* de novos produtos baseados nos possíveis impactos causados. Um estudo realizado na Noruega, no setor de embalagens, demonstrou que dentre 275 tipos de embalagens estudadas no período de 1992 a 1996, 215 embalagens sofreram mudanças que envolveram pequenas modificações como o uso de materiais mais leves, remoção de material supérfluo e aumento do volume; em 40 casos as mudanças foram mais significativas, envolvendo o uso de material reciclado e substituição da matéria-prima utilizada, e, em 20 casos, as mudanças foram grandes, com a introdução de materiais reutilizáveis, o que determinou novas estruturas na indústria e novas atividades para a limpeza e coleta (HEKKERT et al, 2000).

Opções e políticas voltadas à redução de resíduos incluem o uso de regulamentações, incentivos fiscais e esforços voluntários. As maiores mudanças favoráveis produzidas no setor de embalagens para redução de resíduos atenderam à redução de custos, ao invés de focalizar a redução de resíduos (SELKE, 1994).

Uma das práticas adotadas para destinação ideal das embalagens é a reciclagem, em que elas podem ser desviadas dos aterros para a manufatura de bens. A reciclagem traz benefícios, como:

- Diminuir a quantidade de lixo, aumentando a vida útil dos aterros.
- Preservar recursos naturais.
- Economizar energia.
- Diminuir a poluição do ar e água.
- Gerar empregos por meio das recicladoras.

Existem duas formas distintas de realização da reciclagem: *closed-looping recycling*, quando o reuso ou a

Matéria	Óxido	Função
Areia	SiO ₂	Formador
Calcário	CaO	Estabilizante
Dolomita	MgO	Estabilizante
Feldspato	Al ₂ O ₃	Estabilizante
Barrilha	NaO	Fundente
Sulfato de Sódio	Na ₂ SO ₄	Afinante
Ferro, Cromo, Cobalto e Selênio		Corantes

Tabela 1 – Principais matérias-primas utilizadas na produção do vidro

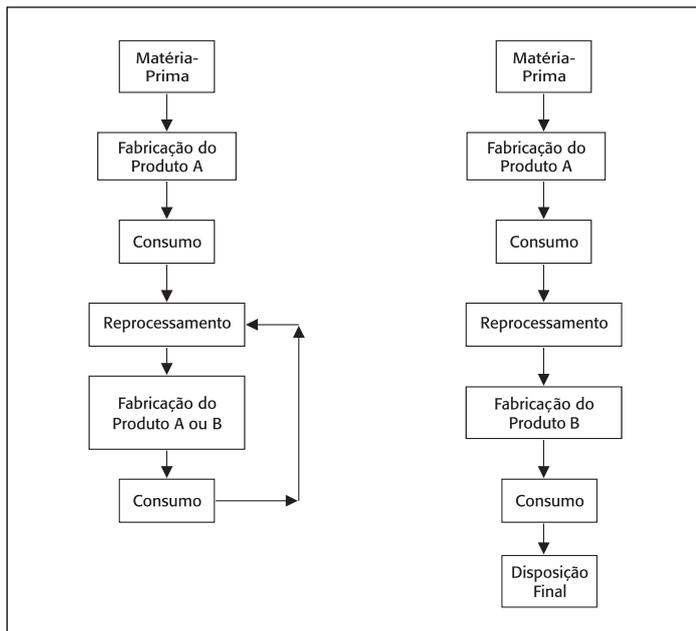


Figura 1 – Diferentes processos de reciclagem
Fonte: CURRAN, 1996

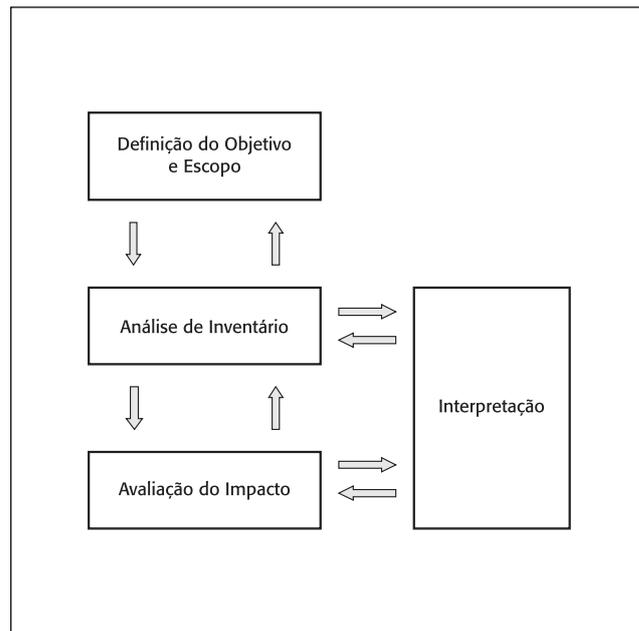


Figura 2 – Etapas da análise de ciclo de vida
Fonte: CURRAN, 1996

reciclagem são ilimitados, desviando para sempre o material da disposição final, como no caso da garrafa de vidro, que pode ser reutilizada diretamente ou pela reciclagem dos cacos, em caso de inutilização da garrafa original, entrando como matéria-prima de uma nova garrafa.

Quando o produto é reutilizado para a fabricação de outro produto, temos um *open-loop recycling*: o material é desviado do aterro por algumas vezes para servir de matéria-prima a outro o qual, em determinado momento, não poderá ser reutilizado e seguirá para o aterro, como no caso do PET reutilizado para fazer carpete. A Figura 1 mostra o esquema dos processos de reciclagem.

Uma grande diferença no consumo de material e energia para a manufatura, extração e emissões envolvidas podem ser observadas nos dois processos, uma vez que na reciclagem *closed looping* o produto pode ser reutilizado infinitamente e o impacto inicial da extração da matéria virgem acaba se tornando reduzido ao longo do ciclo de vida do produto.

ANÁLISE AMBIENTAL DE CICLO DE VIDA

Todos os produtos utilizados pela sociedade moderna têm um impacto sobre o meio ambiente, relacionado com diversos fatores que ocorrem durante as fases de extração da matéria-prima, produção, uso e disposição final. As diversas etapas da Análise de Ciclo de Vida podem ser observadas na Figura 2.

De acordo com o Society of Toxicology and Chemistry, (SETAC, 1991), *“A Análise de Ciclo de Vida (ACV) tem como objetivo avaliar as cargas ambientais associadas com um produto, processo ou atividades relacionadas a ele para identificação e quantificação da energia e materiais usados, além das descargas para o ambiente. As informações geradas podem servir para análise e implementação de oportunidades a fim de influenciar melhorias ambientais, abrangendo desde a extração, o*

processamento da matéria-prima, a manufatura, o transporte e a distribuição; o uso e reuso; a manutenção; a reciclagem e a disposição final.”

O principal objetivo da Análise de Ciclo de Vida é a obtenção, por uma visão global e completa, de subsídios que definam os efeitos ambientais, implementando melhorias nesses efeitos.

Uma das restrições ao uso da ACV é sua complexidade, ocasionando custos altos em sua elaboração, além da necessidade de uma grande quantidade de dados devido à sua abrangência, o que pode levar a uma extrema dificuldade de interpretação (BOUSTEAD, 1998). Esses problemas podem ser contornados a partir do momento em que se delimita e formula-se, claramente, os objetivos do trabalho.

Um dos passos utilizados em uma ACV é a análise de inventário, que identifica e quantifica a energia e os materiais utilizados, emissões e o esgotamento dos recursos. Algumas

análises podem limitar seu foco para aspectos particulares da Análise de Ciclo de Vida.

Em um momento em que se intensifica a busca por tecnologias mais limpas para os processos industriais e os produtos, no sentido de evitar-se a poluição e os desperdícios de recursos naturais, o uso de ACV pode e deve ter um papel central definido no uso de tecnologias limpas, buscando alternativas aos meios convencionais de indústrias altamente competitivas.

METODOLOGIA

Os dados coletados para esse estudo foram obtidos diretamente de indústrias e distribuidoras que atuam no setor nacional, principalmente na região Sudeste do Brasil, obedecendo a parâmetros usados na ACV, no qual os dados devem estar limitados a uma certa região geográfica.

O escopo desse trabalho se limita ao levantamento dos dados relativos ao consumo de energia e emissão de dióxido de carbono, na distribuição e transporte para a disposição final em aterros. Não foram consideradas as etapas de produção das garrafas, lavagem, bem como a extração da matéria-prima utilizada. Na análise do consumo de energia com o transporte não foi considerada a energia gasta na extração e refino do óleo diesel. A Tabela 2 mostra os dados coletados nas empresas: Forquímica, situada em Jaguariúna e Transportadora Americana, da cidade de Americana, ambas no estado de São Paulo.

Os dados obtidos na empresa Distribuidoras de Bebidas de Jaguariúna (DBJ) são apresentados na Tabela 3, e referem-se à capacidade de carga dos diferentes caminhões utilizados.

Carreta		Truck	
Carga	Consumo	Carga	Consumo
Vazio	2,8 km/l	Vazio	4 km/l
10 Toneladas	2,5 km/l	7 Toneladas	3,8 km/l
20 Toneladas	2,2 km/l	12 Toneladas	3,6 km/l
25 Toneladas	1,9 km/l	14 Toneladas	3,5 km/l

Tabela 2 – Consumo de combustível na região Sudeste

Embalagem	Truck	Carreta
Garrafa de Vidro 600 ml	12.096 unidades	20.736 unidades
Garrafa de PET 600 ml	19.008 unidades	31.680 unidades

Tabela 3 – Capacidade do caminhão

Capacidade do Caminhão	23	m ³
Densidade do Lixo	250	kg/m ³
Peso da Carga	5.750	kg
Consumo de Combustível	0,267	l/km
Distância	55	km

Tabela 4 – Dados da destinação final

Para efeito de simplificação das comparações entre as duas embalagens, de PET e de vidro, foram utilizadas garrafas com o mesmo volume de líquido. No Brasil as garrafas de cerveja de vidro retornáveis existentes no mercado têm capacidade de 600 ml. Também no Brasil o mercado de refrigerantes possui uma garrafa de PET com o mesmo volume. Ambas foram analisadas sempre levando em consideração o consumo e a emissão para 1.000 litros de bebida.

O consumo de combustível foi analisado em dois tipos diferentes de caminhão, já que para pequenas distâncias e distribuição dentro das cidades são utilizados caminhões tipo *truck* e para distâncias maiores, em estrada, do tipo *carreta*.

Quanto ao consumo de combustível, identificamos que, devido à relação peso/volume das embalagens, o consumo de combustível na distribuição pode variar,

pois algumas embalagens ocupam menos espaço que outras. Também varia o consumo com o retorno à indústria com apenas o vasilhame vazio e sem o vasilhame, levando em consideração a reutilização de garrafas, já que somente as garrafas reutilizáveis devem retornar à indústria para serem lavadas e enchidas novamente para o reuso. Para isso, foram utilizados diferentes consumos de acordo com o peso da carga, sendo que, para garrafas não-retornáveis foi considerado o consumo de retorno do caminhão vazio. O combustível utilizado foi o óleo diesel, sendo esse o combustível utilizado para transporte de carga no Brasil.

O cálculo da coleta e transporte do lixo ao aterro usou os dados obtidos no Departamento de Limpeza Urbana do município de Campinas.

A média de reutilização de garrafas de vidro no Brasil, de acordo com o SINDICERV, é de 30 vezes, ou seja, o consumo de combustível na coleta de

Tabela 5 – Características do combustível utilizado

Combustível	PCI	Emissão de CO ₂
Óleo Diesel	42.923 KJ/kg	2,617 kg/kg de combustível

lixo ocorre cada vez que a bebida é consumida em garrafas de PET, já que em embalagens de vidro esse consumo acontece apenas uma vez após 30 vezes de uso.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os cálculos de consumo de energia para cada vasilhame levaram em conta as características do combustível utilizado, no caso, o óleo diesel, conforme Tabela 5.

Na Tabela 6 podemos observar os diferentes valores de consumo e emissão de gás carbônico, com a variação da distância percorrida.

Se levarmos em consideração apenas a distribuição de bebidas, podemos observar que as garrafas de vidro retornáveis, por serem mais pesadas, podem consumir em uma viagem de 400 km, 12,3% a mais de combustível que a garrafa de PET não-retornável, o mesmo acontecendo com os dados relativos à emissão de gás carbônico (Figuras 3 e 4).

Quando consideramos a distribuição do produto, somada ao consumo de combustível devido à coleta para a destinação final das embalagens após o

Distância Ida e volta	Vidro [L diesel]	Vidro Energia [MJ]	Vidro Emissão CO ₂ [Kg]	PET [L diesel]	PET Energia [MJ]	PET Emissão CO ₂ [Kg]
0	0	0	0	0	0	0
25	13,72	588,98	35,91	13,19	566,35	34,53
50	27,44	1.177,96	71,82	26,39	1.132,69	69,06
75	50,60	2.171,97	132,42	46,68	2.003,69	122,16
100	73,76	3.165,97	193,03	66,97	2.874,70	175,27
125	96,92	4.159,98	253,63	87,27	3.745,70	228,37
150	120,08	5.153,99	314,24	107,56	4.616,70	281,48
175	143,23	6.147,99	374,84	127,85	5.487,70	334,58
200	166,39	7.142,00	435,45	148,14	6.358,70	387,69
225	189,55	8.136,01	496,05	168,43	7.229,71	440,79
250	212,71	9.130,01	556,65	188,73	8.100,71	493,90
275	235,86	10.124,02	617,26	209,02	8.971,71	547,00
300	259,02	11.118,03	677,86	229,31	9.842,71	600,11
325	282,18	12.112,03	738,47	249,60	10.713,72	653,21
350	305,34	13.106,04	799,07	269,90	11.584,72	706,32
375	328,50	14.100,04	859,67	290,19	12.455,72	759,42
400	351,65	15.094,05	920,28	310,48	13.326,72	812,53

Tabela 6 – Variação do consumo de energia e emissão de CO₂ no transporte de 1.000 litros de bebida

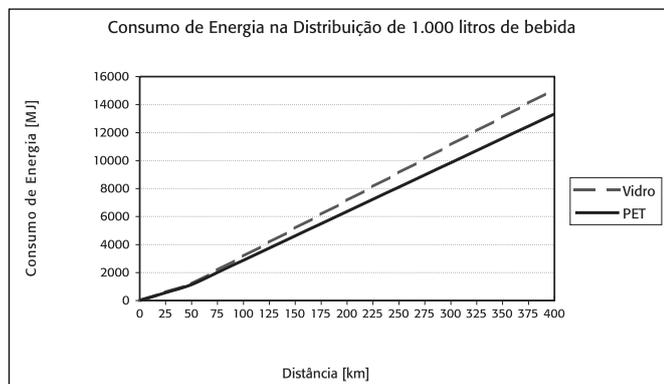


Figura 3 – Variação do consumo de combustível na distribuição de bebidas em garrafas de vidro e de PET

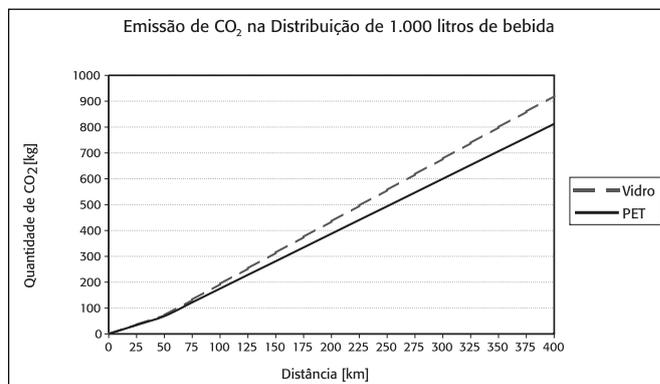


Figura 4 – Variação na emissão de CO₂ na distribuição de 1.000 litros de bebida

uso, as garrafas de vidro retornáveis passam a ter vantagem até uma distância percorrida de 175 km (ver Figura 5). Após esse ponto, o PET passa a ser mais econômico e emitir menos, mas com uma vantagem de apenas 2,4% em uma viagem de 400 km. A Tabela 7 apresenta os cálculos para diversas distâncias percorridas na distribuição.

CONCLUSÕES

Como temos implantada no Brasil toda a infra-estrutura necessária para a utilização de vasilhames retornáveis, faz-se necessário um estudo completo do ciclo de vida das embalagens, a fim de orientar as indústrias, e implantar políticas em busca da utilização de tecnologias mais limpas no setor.

Essa é a primeira etapa de um trabalho que deverá englobar, além do consumo e emissão de CO₂ na distribuição e na destinação final dos vasilhames, todas as etapas do processo produtivo e as formas de reutilização das embalagens.

Nessa etapa quantificamos o consumo energético e a emissão de CO₂ nas duas opções de embalagem, destacando-se que, graças ao pouco peso, o PET é preferível ao vidro retornável nos quesitos analisados, quando se compara apenas a distribuição do produto da indústria ao consumidor final.

Entretanto, quando se considera as diversas vezes em que a garrafa de vidro é reutilizada antes de seguir para destinação final, essa vantagem, dependendo da distância percorrida na distribuição, não existe ou é muito pequena, o que torna a garrafa de vidro retornável similar à garrafa de PET quanto ao consumo de combustível e às emissões relacionadas à distribuição do produto envasado.

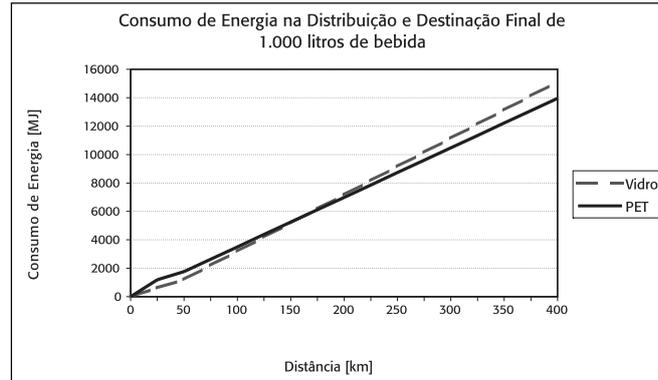


Figura 5 – Consumo energético das garrafas de vidro e de PET na distribuição somada à destinação final das embalagens para 1.000 litros de bebida

Distância Ida e volta	Vidro [L diesel]	Vidro Energia [MJ]	Vidro Emissão CO ₂ [kg]	PET [L diesel]	PET Energia (MJ)	PET Emissão CO ₂ [kg]
0	0	0	0	0	0	0
25	14,21	609,99	37,19	27,88	1.196,63	72,96
50	27,93	1.198,97	73,10	41,07	1.762,97	107,49
75	51,09	2.192,98	133,71	61,37	2.633,97	160,59
100	74,25	3.186,99	194,31	81,66	3.504,98	213,70
125	97,41	4.180,99	254,91	101,95	4.375,98	266,80
150	120,56	5.175,00	315,52	122,24	5.246,98	319,91
175	143,72	6.169,00	376,12	142,53	6.117,98	373,01
200	166,88	7.163,01	436,73	162,83	6.988,99	426,12
225	190,04	8.157,02	497,33	183,12	7.859,99	479,22
250	213,20	9.151,02	557,93	203,41	8.730,99	532,33
275	236,35	10.145,03	618,54	223,70	9.601,99	585,43
300	259,51	11.139,04	679,14	243,99	10.473,00	638,53
325	282,67	12.133,04	739,75	264,29	11.344,00	691,64
350	305,83	13.127,05	800,35	284,58	12.215,00	744,74
375	328,99	14.121,05	860,96	304,87	13.086,00	797,85
400	352,14	15.115,06	921,56	325,16	13.957,05	850,96

Tabela 7 – Cálculo do consumo e emissão na distribuição e coleta do vasilhame de vidro e de PET para a disposição final

BIBLIOGRAFIA

ANJOS, C. A. R. *Aplicação da energia de microondas na secagem da resina de polietilenotereftalato (PET)*. 1998. 113p. Tese (Doutorado) – FEA, Universidade de Campinas, Campinas, 1998.

ANUÁRIO ABIVIDRO. São Paulo, 2000, 67p.

BOLETIM TÉCNICO DO CETEA, *Novas Tecnologias para um maior desenvolvimento na área de embalagens de vidro*. Campinas, v. 9, n. 4, jul./ago. 2000.

_____. *Você conhece o lado químico do PET*. v. 8, n. 4, Campinas, jul./ago., 1999.

BOUSTEAD, I. *Plastics and Environmental, Radiat. Phys. Chem.* v. 5, n. 1, p. 23-30, 1998.

CURRAN, M. A. *Environmental Life-Cycle Assessment*. USA, 1996.

HARTWIG, K. *Innovative PET technology for Soft Drinks, Mineral Waters, Fruit Juices and Beer*. *Kunststoffe Past Europe*, Alemanha, p. 809-814, 1998.

HECKERT, M. P. et al. *Reduction of CO₂ emissions by improved management of material and product use: the case of primary packaging*. *Resources Conservation and Recycling*, v. 29, p. 33-64, 2000.

JENKINS, W. A.; HARRINGTON, J. P. *Packaging food with plastics*. Lancaster: Technomic, 1991, 326p.

KELSEY, R. J. *Packaging in today society*. Lancaster: Technomic, 1990, 141p.

MANUAL DE COMBUSTÃO E COMBUSTÍVEIS INDUSTRIAIS. 5. ed.; ESSO Brasileira de Petróleo; jul. 1985.

MATHIAS, J. *Análise setorial: A indústria de refrigerantes e água*. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, p. 235, out. 1998.

SANTOS, J. B. B. *Análise Setorial: A indústria de cerveja*. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, p. 266, 1996.

SELKE, S. E. M. *Packaging and the environment alternatives, trends and solutions*. Lancaster: Technomic, 1994. 179p.

SONG, H. S.; HYUN, C. J. *A study on the comparison of the various waste management scenarios for PET bottles using life cycle assessment methodology*. *Resources, Conservation and Recycling*, n. 27, p. 267-284, 2001.

VIDALES, G. M. D. *El envase en el tiempo: história del envase*. México: Trillas/UAM, 1996. 445p.

VILHENA, A.; D'ALMEIDA M. L. O. *Lixo municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo: CEMPRE/IPT, 2000. 370p.