



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

Acc4thmic

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Análise do Inventário para Avaliação do Ciclo de Vida de Embalagens para Refrigerantes

PRADO, M. R. ^{a*}, KASKANTZIS NETO, G. ^b

a. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR

b. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR

**mrealprado@utfpr.edu.br*

Resumo

O conhecimento do ciclo de vida de um produto é o primeiro passo na busca do desenvolvimento sustentável. O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise de balanços de materiais e energia do ciclo de vida entre três tipos de embalagens para refrigerantes: garrafas de vidro, latas de alumínio e garrafas de PET. O estudo envolveu processos desde a extração de matérias-primas para produção das embalagens até as etapas de reciclagem das mesmas, pós-consumo do refrigerante. Foram identificados e quantificados os principais pontos críticos de geração de impacto ambiental negativo durante o ciclo de vida de cada embalagem. O consumo de recursos naturais e energia, geração de emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes líquidos foram as categorias analisadas. Os resultados obtidos no estudo revelaram que, de acordo com os cenários e variáveis definidas, a garrafa de vidro apresentou um cenário menos favorável ao meio ambiente comparado às demais embalagens.

Palavras-chave: *avaliação do ciclo de vida, embalagens, refrigerantes, desenvolvimento sustentável.*

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, consumir, cada vez em maiores proporções, é sinônimo de felicidade. Impelidos pela necessidade de vender seus produtos, os fabricantes gastam grandes quantias de dinheiro com propaganda, para incutir esse conceito na população. Porém, o consumo irresponsável está colocando o planeta em risco (MOURAD et al., 2002).

Quando da compra de um produto sem a preocupação de como foi feito e o destino que terá depois de usado, está-se colaborando, sem perceber, para a degradação do meio ambiente. Atualmente, com a vida agitada que as pessoas levam, sobretudo nas grandes cidades, o tempo é curto e quase todos querem fazer tudo da maneira mais rápida possível.

Como exemplo, pode-se citar as embalagens de plástico, metal e vidro, utilizadas para envase de refrigerantes, que vão todas juntas para o lixo, e até mesmo acompanhadas de produtos com alto teor tóxico, como pilhas, baterias, inseticidas e tintas. Água e energia, por outro lado, são desperdiçadas, pois há a sensação de que nunca irão faltar.

As indústrias têm dado cada vez mais atenção às propriedades ambientais de seus produtos visando também diferenciá-los para aumentar a fatia de mercado das empresas. Várias técnicas de

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

gestão têm sido empregadas para avaliação dos impactos ambientais dos produtos, dentre a quais, a ACV - Avaliação do Ciclo de Vida, que estuda a complexa interação entre o produto e o meio ambiente (JÖNSON, 1996) (CHEHEBE, 1998). Esse conceito é conhecido internacionalmente pela sigla LCA - Life Cycle Assessment.

O estudo do ciclo de vida de um determinado produto compreende as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo, incluindo as operações industriais e de consumo, até a disposição final do produto quando se encerra a sua vida útil (SETAC, 1993) (JÖNSON, 1996) (ABNT, 2001) .

Com os dados obtidos pela ACV é possível determinar a quantidade de recursos naturais necessários, o consumo de energia e os resíduos gerados no processo. Alguns trabalhos tratam a ACV como uma técnica de análise de recursos e perfis ambientais dos produtos utilizada para avaliação e tomada de decisão em nível de gerência, visando a melhoria da qualidade do produto e a conservação do meio ambiente (COLTRO, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise de balanços de materiais e energia para as três principais embalagens para refrigerantes: lata de alumínio, garrafas PET e de vidro, com dados nacionais, utilizando para este estudo a ferramenta ACV.

A proposta consistiu em identificar e quantificar as principais variáveis envolvidas em todo o processo de produção das embalagens, como o uso de recursos naturais e energia, além das emissões e resíduos gerados durante todo o ciclo de vida dessas embalagens. Com o inventário, apontar os pontos críticos para controle ambiental como forma de auxiliar em processos de tomada de decisão para otimização de processos, mudanças no produto visando produção mais limpa e prevenção à poluição do meio ambiente.

O processo de avaliação do ciclo de vida é bastante complexo. Existem modelos que são usados em conjunto com outras ferramentas, como as auditorias ambientais, os diagnósticos ambientais, assim como existem modelos que quantificam o impacto ambiental.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em três etapas principais: descrição dos tipos de materiais e processos envolvidos e o estudo de levantamento do ciclo de vida de cada uma das embalagens propostas; a coleta de dados em empresas do setor e na literatura e; a compilação das informações obtidas.

Definição dos objetivos e fronteiras do estudo

O objetivo principal consistiu em apontar os pontos críticos para controle ambiental como forma de auxiliar em processos de tomada de decisão para otimização de processos, mudanças no produto visando produção mais limpa e prevenção à poluição do meio ambiente.

Com isso, identificar oportunidades de aperfeiçoamento ambiental no processo de fabricação e utilização de materiais, apoiando a redução dos resíduos, planejando a reutilização e a reciclagem.

Para realização do estudo, foram consideradas as embalagens para refrigerantes apresentadas na

Tabela 1.

Tabela 1 – Capacidade de envase e massa (valores médios) das embalagens estudadas

Tipo de embalagem	Capacidade de envase (mL)	Massa (g)	Número de embalagens de acordo com a unidade funcional adotada (1000 L)
Garrafa de vidro	290,0	386,2	3448
Lata de alumínio	350,0	14,3	2857
Garrafa de PET	2000,0	50,0	500

A definição das fronteiras do estudo do ciclo de vida de cada embalagem foi realizada de acordo com a proposta no trabalho. O estudo envolveu as etapas que vão desde a extração das matérias-primas para produção das embalagens, a embalagem pré-pronta (lata, pré-forma de PET e garrafa de vidro), a sua utilização nas indústrias de refrigerantes até os processos de reciclagem de cada uma delas.

Estudo dos processos produtivos das embalagens

A descrição dos tipos de materiais e processos envolvidos foi feita a partir de dados de literatura e consulta a empresas pertinentes.

Neste trabalho considerou-se que o ciclo de vida genérico de uma embalagem para refrigerante é composto por três fases: a fase de produção das embalagens, que inclui a extração de matérias-primas e os processos associados à sua produção; a fase de engarrafamento, restrita à preparação das embalagens (lavagens) para envase do refrigerante; e a fase de pós-uso e destino final (relativa aos processos de encaminhamento dos resíduos de embalagem e processos de reciclagem). No trabalho foram considerados o consumo de energia e a emissão de poluentes atmosféricos associados, nas etapas de transporte entre os diferentes processos.

As informações foram coletadas em empresas de grande expressão nacional, líderes no mercado em seu segmento (sob o aspecto volume de produção e representatividade do respectivo setor de produção), onde, algumas das empresas são multinacionais. As informações fornecidas estão de acordo com a capacidade produtiva de cada empresa.

Estabeleceu-se como base de cálculo 1000 kg de material produzido em cada processo. Dessa forma, a diferença entre as entradas e saídas de cada processo resulta em 1000 kg de produto. A unidade produtora de refrigerantes tomada como referência está instalada no município de São José dos Pinhais, no Paraná.

Tratamento das informações obtidas em campo e na literatura

Para avaliação dos aspectos e impactos ambientais e estudo comparativo das três embalagens escolhidas, adotou-se como unidade funcional 1000 L de capacidade de envase de refrigerante das embalagens estudadas.

Elaboração da matriz de aspectos

A seleção dos aspectos ambientais e a divisão em grupos utilizados na identificação e quantificação dos impactos ambientais, de cada processo produtivo estudado, foram baseadas

considerando-se a sua importância e magnitude em relação aos potenciais efeitos que provocam sobre o meio ambiente.

A elaboração da matriz de aspectos ambientais foi feita mediante a identificação das variáveis mais importantes do ciclo de vida do produto.

Analogamente aos procedimentos anteriores, foram considerados todos os processos do ciclo de vida das embalagens estudadas.

Análise comparativa dos resultados

Os dados coletados durante o trabalho de campo e na literatura foram analisados qualitativamente e quantitativamente.

A análise qualitativa referiu-se à identificação dos aspectos ambientais associados aos processos produtivos das embalagens.

Para realização da avaliação quantitativa, referente aos impactos ambientais, todas as variáveis definidas no estudo foram calculadas em uma mesma base de cálculo, tomando-se sempre como referência a unidade funcional estabelecida.

Após a elaboração de todos os fluxos de processos e, de acordo com as variáveis estabelecidas no estudo, calculou-se o balanço global, material e energético, para todos os processos do estudo de ACV das embalagens.

Os resultados obtidos permitiram estimar e comparar quais impactos ambientais seriam mais significativos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estudo são apresentados conforme a sequência sugerida pela ACV.

A primeira parte refere-se à identificação das fronteiras dos sistemas estudados. Em seguida são apresentados os aspectos ambientais identificados (estudo qualitativo) e a quantificação dos mesmos. A etapa de avaliação dos aspectos e impactos vem a seguir. Finalmente, a interpretação, discussão dos resultados e conclusão são apresentados.

Identificação das fronteiras dos sistemas

Para a realização de um estudo, o mais completo possível, foram levados em consideração todos os processos envolvendo o ciclo de vida de embalagens utilizadas na indústria para envase de refrigerantes. O procedimento utilizado para os três tipos de embalagens estudadas foi o mesmo.

Por existir um grande número de variáveis envolvidas, como as matérias-primas e resíduos gerados nos diferentes processos, foram considerados neste trabalho apenas as mais significativas em termos de massa.

Não foram considerados os filmes plásticos, engradados e outros materiais utilizados no transporte e venda, bem como a etapa de envase do refrigerante. O objetivo do estudo referiu-se às embalagens propriamente ditas e não ao processo de envase do produto (refrigerante) e os diferentes modos de distribuição e venda.

Dados coletados e Análise do inventário

A primeira parte desta fase foi identificar os principais aspectos ambientais relevantes ao estudo.

Para este estudo foram considerados seis principais grupos de aspectos ambientais: recursos naturais e matérias-primas secundárias, recursos energéticos, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados.

Um fato importante que deve ser considerado é que a natureza da escolha e suposições que são feitas em estudos de ACV (por exemplo, as fronteiras do sistema, seleção das fontes de dados e categorias de impacto) na maioria dos casos é subjetiva. Isso equivale a dizer que os modelos usados podem ser limitados a um espaço temporal pré-definido ou uma condição local.

Analisando os resultados, percebeu-se que o consumo de recursos energéticos está principalmente associado ao transporte e à geração de vapor em caldeiras. O elevado consumo de energia elétrica está relacionado fundamentalmente ao funcionamento dos equipamentos.

As etapas que envolvem os processos de lavagem são as principais responsáveis pelo elevado consumo de água e geração de efluentes dos processos.

A queima de combustíveis nos processos que deles se utilizam é a principal fonte de emissões atmosféricas e gera os poluentes CO₂, CO, NO_x, SO₂, VOC's (compostos orgânicos voláteis), particulados, entre outros.

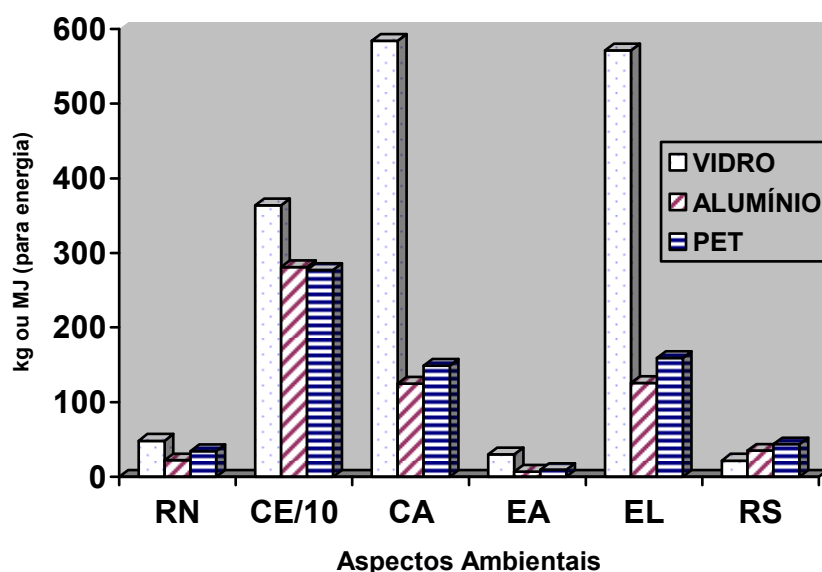
As perdas de produtos, embalagens secundárias, cinzas de queimas de combustíveis são os exemplos mais característicos dos resíduos sólidos gerados.

A última parte desta etapa consistiu na quantificação dos aspectos ambientais referentes aos processos do ciclo de vida das três embalagens estudadas.

De acordo com os resultados obtidos, o resumo da quantificação dos aspectos ambientais dos ciclos de vida das embalagens estudadas é apresentado na Tabela 2 e na Fig. 1.

Tabela 2 – Quantificação resumida dos aspectos ambientais dos ciclos de vida das embalagens estudadas de acordo com a unidade funcional adotada.

Aspecto ambiental	GARRAFAS DE VIDRO	LATAS DE ALUMÍNIO	GARRAFAS DE PET
	(taxa de reciclagem de 25%)	(taxa de reciclagem de 90%)	(taxa de reciclagem de 40%)
Massa de material (kg)	1331,70	40,83	25,00
RN – Recursos naturais (kg)	48,42	22,14	34,38
CE – Consumo de energia (MJ)	3638,64	2808,23	2768,83
CA – Consumo de água (kg)	584,39	124,70	148,96
EA – Emissões atmosféricas (kg)	29,99	6,70	9,29
EL – Efluentes líquidos (kg)	571,55	125,80	159,12
RS – Resíduos Sólidos (kg)	21,59	35,11	43,70

Fig. 1 - Resumo da quantificação dos aspectos ambientais dos ciclos de vida das embalagens estudadas de acordo com a unidade funcional adotada

Pode-se observar através da Fig. 1 que o maior consumo de recursos naturais (**RN**) ocorre no ciclo de vida das garrafas de vidro, 2,18 e 1,40 vezes superior ao consumido no ciclo de vida das latas de alumínio e garrafas de PET, respectivamente.

O consumo de água (**CA**) no ciclo de vida das garrafas de vidro é 4,69 vezes superior ao consumido no ciclo de vida das latas de alumínio e 3,92 vezes superior ao ciclo de vida das garrafas de PET.

Com relação ao consumo de energia (**CE**), também no ciclo de vida das garrafas de vidro ocorre o maior consumo, sendo 1,29 e 1,31 vezes superior ao consumo de energia em todo o ciclo de vida das latas de alumínio e garrafas de PET, respectivamente.

A emissão de poluentes atmosféricos (**EA**) é 4,48 e 3,23 vezes superior no ciclo de vida das garrafas de vidro, comparados aos ciclos de vida das latas de alumínio e garrafas de PET, respectivamente.

O ciclo de vida das garrafas de vidro apresenta a maior geração de efluentes líquidos (**EL**), sendo 4,54 e 3,59 vezes superior aos ciclos de vida das latas de alumínio e garrafas de PET, respectivamente.

A geração de resíduos sólidos (**RS**), no ciclo de vida das garrafas de vidro, por outro lado, é a menor dentre os ciclos de vida das embalagens estudadas. A maior geração de resíduos sólidos ocorre no ciclo de vida das garrafas de PET, sendo 2,02 vezes superior à geração no ciclo de vida das garrafas de vidro e 1,24 vezes superior ao ciclo de vida das latas de alumínio.

Em todos os ciclos de vida estudados, a maioria das etapas envolvendo os processos produtivos ocorre em locais diferentes. Desta forma, os deslocamentos de uma etapa a outra foram computados, de acordo com o tipo de transporte dos materiais envolvidos, as distâncias, combustível consumido e emissões produzidas pela queima do combustível.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os sistemas estudados, os resultados mostraram que a garrafa de vidro é a embalagem que mais contribui negativamente para o meio ambiente. A lata de alumínio foi a que apresentou o melhor cenário, ou seja, a menor contribuição negativa ao meio ambiente.

No ciclo de vida da garrafa de vidro ocorre o maior consumo de água e emissão de efluente líquido, devido os ciclos de reuso e à maior participação na etapa de reciclagem do ciclo de vida da embalagem.

Cabe ressaltar ainda que, em relação ao consumo de recursos naturais e consumo de energia, a garrafa de PET é a embalagem que apresenta o pior cenário entre os estudados. O mesmo foi observado para as emissões atmosféricas.

Entre os pontos principais a serem melhorados nas etapas de produção, estão o reaproveitamento da água de lavagem das garrafas e a diminuição de perdas de processo, onde em todos os cenários as quantidades de resíduos sólidos geradas foram consideráveis.

Para as garrafas de PET, a emissão de VOC's é grande nas etapas de extração e refino do petróleo, sendo necessária a instalação de sistemas de captação dessas emissões.

No ciclo de vida das latas de alumínio, a otimização deve ser focada na etapa de produção da alumina, no sentido de reduzir a quantidade de resíduo industrial gerado.

Com relação à metodologia de estudo da Avaliação do Ciclo de Vida, verificou-se que a coleta de dados é bastante complexa e demanda tempo para obtenção, análise e compreensão, conforme verificado nos estudos de BRENTROP et al. (2004). Além disso, cabe salientar que os resultados aqui alcançados refletem a realidade de uma indústria nacional, de acordo com os referenciais aqui pré-estabelecidos.

Os resultados obtidos neste estudo referem-se exclusivamente aos cenários propostos, as variáveis e considerações pré-estabelecidas. Outra observação importante é que estes resultados, pelo fato de se tratar de um estudo de ACV, possuem “validade”. Isto significa dizer que os resultados aqui obtidos podem se alterar em caso de mudanças nos cenários e variáveis envolvidas, além do próprio espaço temporal.

A ACV dos produtos surge como uma opção real para a indústria e para a sociedade, com o intuito de conhecer melhor o produto e sua influência sobre o meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001. Gestão Ambiental: Avaliação do ciclo de vida - princípios e estrutura – NBR ISO 14040. Rio de Janeiro – RJ.

BRENTROP, F., KUSTERS, J., KUHLMANN, H., LAMMEL, J., 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. Elsevier Science B.V.. Amsterdam – Netherlands. 20 (3), 247-264.

CHEHEBE, J.R.B., 1998. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Qualitymark. Rio de Janeiro.

COLTRO, L., 2003. A aplicação da Análise de Ciclo de Vida no Brasil. Revista Meio ambiente Industrial. 42 (41), 72-80.

JÖNSON, G., 1996. LCA – A tool for measuring environmental performance. Surrey: Pira International. United Kingdom.

MOURAD, A.N., GARCIA, E.E.C., VILHENA, A. 2002. Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações. CETEA/ITAL : Campinas-SP, 92 p.

SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment. SETAC Press. Pensacola-FL. 188 p, 1993.