5th International Workshop - Advances in Cleaner Production
São Paulo - Brazil - 20th to 22nd, May - 2015

Avaliação de Ciclo de Vida – Estudo comparativo de perfil extrudado Alumínio e Poli Cloreto de Vinila (PVC)

Diogo Ap. Lopes Silva, Anthony C. Espitia, Maurício O. Gondak

Universidade de São Paulo – Campus de São Carlos/SP – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Produção

Academic Work

INTRODUÇÃO

- A produção de ônibus no Brasil até setembro de 2014 foi de **20.871 unidades** de veículos (FABUS, 2014);

- Os ônibus urbanos representam a maior demanda por veículos de transporte coletivo;

- A frota de veículos prestando o serviço de transporte coletivo em São Paulo foi de **14.822 veículos** cadastrados (SÃO PAULO TRANSPORTES S.A. – SPTRANS, 2014).

INTRODUÇÃO

- As ... te ao sis ... ão de Sã ... s e os im ... e;
- **OB** ... entes co ... nibus: pe ...

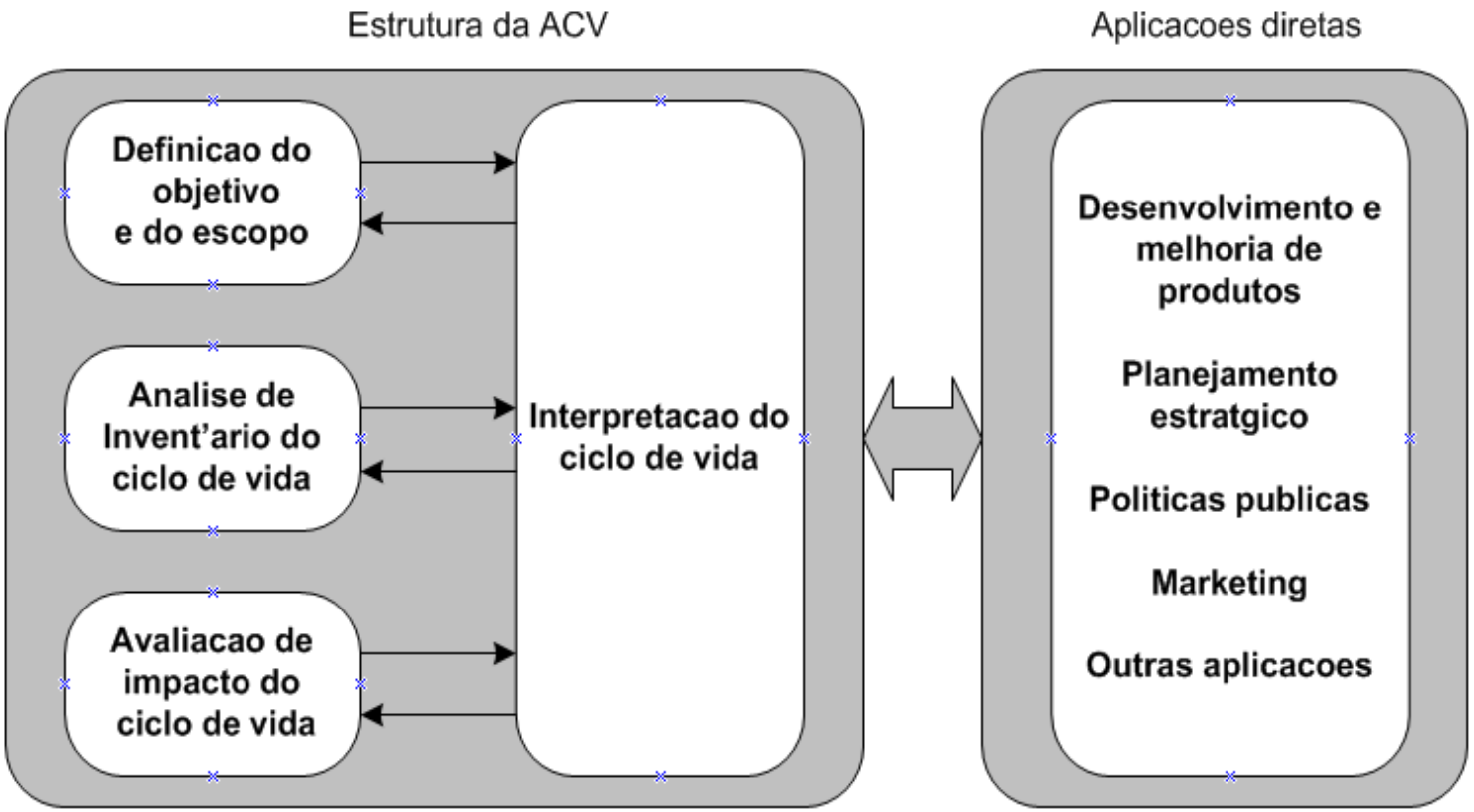

Fig. 1. Etapas para uma avaliação do ciclo de vida (ACV)

METODOLOGIA

Definição de Objetivo e Escopo

- Foi utilizada a técnica de ACV no estudo comparativo, em conformidade com os documentos normativos ISO 14040 e ISO 14044;

- A visão de CV adotada foi do tipo *cradle-to-grave*;

- A abordagem adotada para efeito da modelagem foi a **atribucional** e o método para a avaliação dos impactos ambientais foi o **EDIP97**.

METODOLOGIA

Definição de Objetivo e Escopo

Fig. 2. Objeto de estudo: perfil tipo canaleta para aplicação em anteparo

METODOLOGIA

Definição de Objetivo e Escopo

- A principal **função** da canaleta é suportar os vidros que compõem as divisórias internas das carrocerias urbanas categoria M3;

- A **unidade funcional** foi suportar 3,3 Kg de carga correspondente ao vidro temperado do anteparo, e considerando uma vida útil média de 10 anos de acordo com a legislação municipal da cidade de São Paulo;

- O **fluxo de referência** foi a manufatura de um perfil tipo canaleta com 550 mm comprimento.

METODOLOGIA

Definição de Objetivo e Escopo

- O sistema de produto:

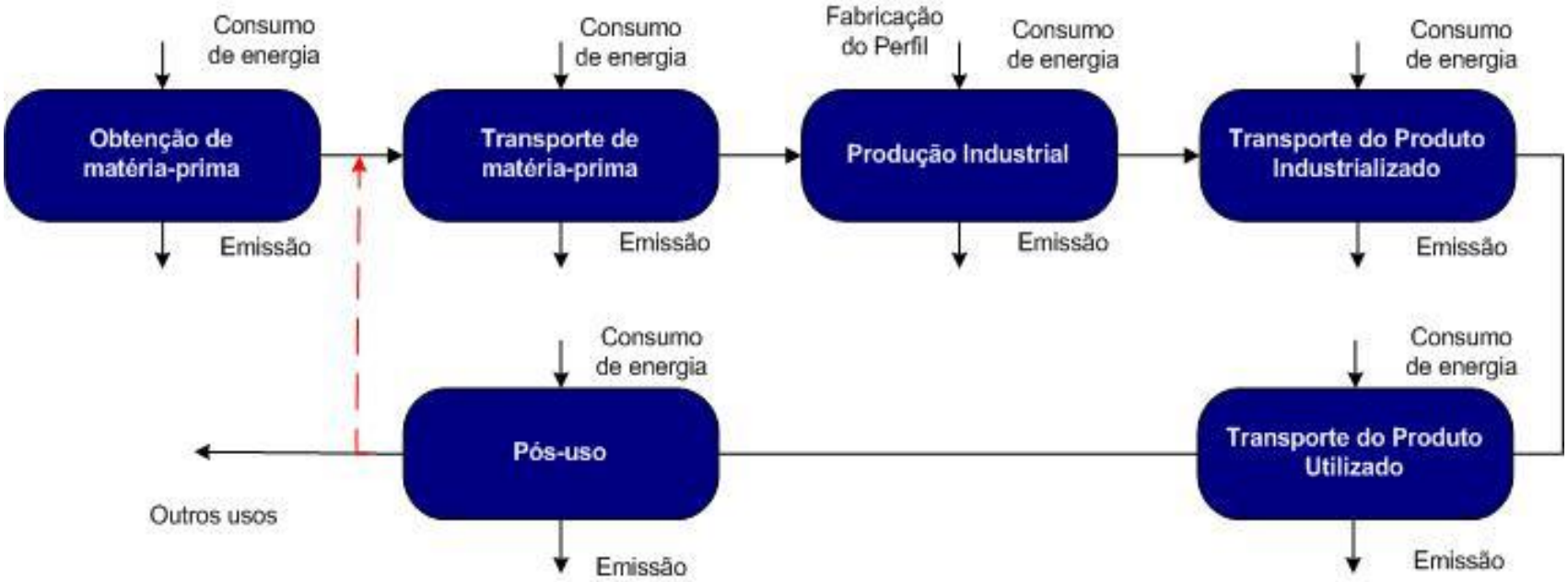

Fig. 3. Sistema de produto para os dois perfis estudados.

METODOLOGIA

Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

- O próximo passo envolveu a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e as saída do sistema de produto;

- Foram quantificados os consumos de recursos materiais e energéticos e as emissões ao ar, água e solo associados ao sistema de produto. Para o fluxo de referência estabelecido, durante a manufatura do perfil de **alumínio foi necessário 0,118 kg** do material, enquanto que para o perfil de **PVC foi 0,088 kg**.

- Foi utilizado o banco de dados do **software GaBi 4.4**.

METODOLOGIA

Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Tabela 1. Resumo de conjunto de dados utilizados no ICV

Material	*Processo Elementar*	*Pais (ISO 3166)*	*Ano de Referência*	*Ano de Validade*	*Base de Dados*
Alumínio	Obtenção de matéria prima	EU-27	2012	2015	GaBi Database
	Transporte de matéria prima	RER	2005	2012	GaBi Database
	Produção Industrial	EU-27	2012	2015	GaBi Database
	Transporte Produto Industrializado	RER	2005	2012	GaBi Database
	Transporte de produto utilizado	RER	2005	2012	GaBi Database
	Pós-uso	EU-27	2011	2014	GaBi Database
Material	*Processo Elementar*	*Pais (ISO 3166)*	*Ano de Referência*	*Ano de Validade*	*Base de Dados*
PVC	Obtenção de matéria prima	US	2012	2014	GaBi Database
	Transporte de matéria prima	RER	2005	2012	GaBi Database
	Produção Industrial	GLO	2012	2015	GaBi Database
	Transporte Produto Industrializado	RER	2005	2012	GaBi Database
	Transporte de produto utilizado	RER	2005	2012	GaBi Database
	Pós-uso	US	2012	2015	GaBi Database

METODOLOGIA

Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

- Foram utilizadas as categorias de impacto do EDIP-97 (Wenzel et al., 1997), sendo que os resultados foram **normalizados**;

- **Cenário 1:** considerou-se uma capacidade teórica de reciclagem dos materiais
  - o Capacidade de reciclagem do Alumínio: infinita
  - o Capacidade de reciclagem do PVC: seis vezes

- **Cenário 2:** mantém a estrutura do cenário 1, porém, a alocação é realizada considerando a capacidade de reciclagem do PVC conforme o cenário 1 e mantendo esta mesma taxa de reciclagem para o Alumínio (seis vezes).

RESULTADOS

Tabela 2. Comparativo de resultados por categoria de impacto – Cenário 1.

Categoría de Impacto		*PVC*	*ALUMINIO*	*Total*	*% PVC*	*% ALUMINIO*
Acidificação potencial	AP	0,0009	1,9065	1,9075	*0,05%*	*99,95%*
Ecotoxicidade crônica no solo	AG	0,0000	0,0001	0,0001	*0,04%*	*99,96%*
Enriquecimento potencial de nutrientes	ECS	0,0003	0,3394	0,3396	*0,08%*	*99,92%*
Depleção da camada de ozônio	EPN	0,0000	0,0002	0,0002	*0,00%*	*100,00%*
Aquecimento global	DCO	0,1300	260,0706	260,2007	*0,05%*	*99,95%*
Ecotoxicidade aguda na água	EAA	0,0000	0,0000	0,0000	*97,61%*	*2,39%*
Ecotoxicidade crônica na água	ECA	0,0000	0,0000	0,0000	*35,93%*	*64,07%*
Toxicidade humana via ar	THA	0,0000	0,0000	0,0000	*92,79%*	*7,21%*
Toxicidade humana via terrestre	THT	0,0001	0,0000	0,0002	*84,72%*	*15,28%*
Toxicidade humana via hídrica	THH	0,0498	0,0096	0,0593	*83,90%*	*16,10%*
Oxidação fotoquímica potencial (Baixa)	OFP	0,0628	0,0017	0,0645	*97,38%*	*2,62%*

RESULTADOS

Tabela 3. Comparativo de resultados por categoria de impacto – Cenário 2.

Categoría de Impacto		*PVC*	*ALUMINIO*	*Total*	*% PVC*	*% ALUMINIO*
Acidificação potencial	AP	0,0009	1,9079	1,9089	***0,05%***	***99,95%***
Ecotoxicidade crônica no solo	AG	0,0000	0,0001	0,0001	***0,04%***	***99,96%***
Enriquecimento potencial de nutrientes	ECS	0,0003	0,3396	0,3399	***0,08%***	***99,92%***
Depleção da camada de ozônio	EPN	0,0000	0,0002	0,0002	***0,00%***	***100,00%***
Aquecimento global	DCO	0,1300	260,2323	260,3623	***0,05%***	***99,95%***
Ecotoxicidade aguda na água	EAA	0,0000	0,0000	0,0000	***5,89%***	***94,11%***
Ecotoxicidade crônica na água	ECA	0,0000	0,0000	0,0000	***0,11%***	***99,89%***
Toxicidade humana via ar	THA	0,0000	0,0000	0,0000	***35,61%***	***64,39%***
Toxicidade humana via terrestre	THT	0,0001	0,0002	0,0003	***46,59%***	***53,41%***
Toxicidade humana via hídrica	THH	0,0498	0,0553	0,1051	***47,38%***	***52,62%***
Oxidação fotoquímica potencial (Baixa)	OFP	0,0628	0,0531	0,1159	***54,20%***	***45,80%***

CONSIDEAÇÕES FINAIS

- Como diferencial competitivo no desenvolvimento de novos produtos, o processo de seleção de materiais considerando os seus impactos potenciais no CV se apresenta com importância fundamental na tomada de decisão na indústria;

- Depois de realizada uma ACV comparativa entre o Alumínio e o PVC, foi constatada a vantagem ambiental na substituição da matéria prima Alumínio pelo PVC nos dois cenários avaliados para a maioria das categorias de impacto analisadas.

CONSIDEAÇÕES FINAIS

- Para trabalhos futuros, salienta-se a importância de uma nacionalização dos dados utilizados no ICV, visto que neste trabalho os dados foram baseados principalmente para referências europeias;

- Além disso, estender o estudo realizando uma ACV comparativa considerando outros materiais que também apresentem potencial para uso no modelo de perfil avaliado, por exemplo: Polipropileno, Borracha.

Obrigado

DIOGO APARECIDO LOPES SILVA
Doutorando em Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo (USP)
Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais (USP)
Engenheiro Industrial-Madeira (UNESP)
diogo.apls@gmail.com / diogo@sc.usp.br
+55 15 8112 7843
CV: http://lattes.cnpq.br/1101747760784249