6th International Workshop - Advances in Cleaner Production
São Paulo - Brazil - 24th to 26th, May - 2017

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no setor automotivo: estudo de caso numa indústria de válvulas de escape

Prof. Dr. Diogo Aparecido Lopes Silva
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba/SP

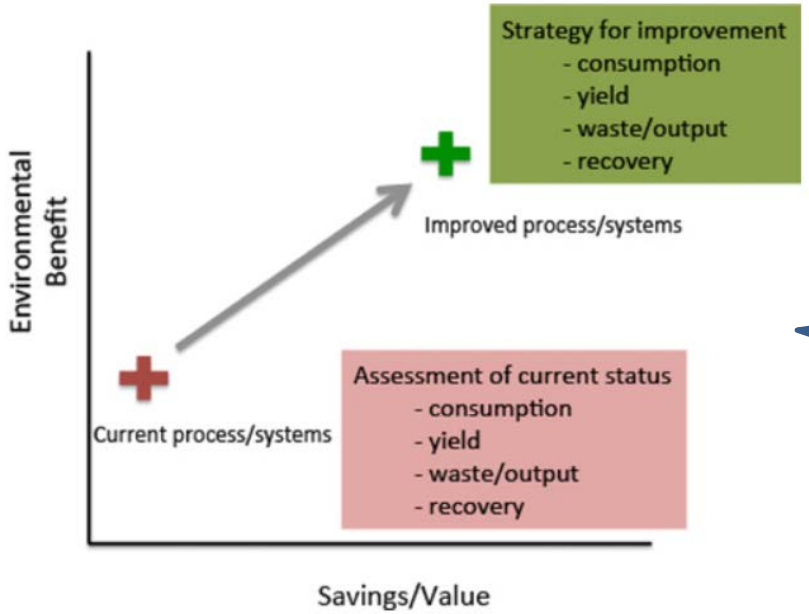
Prof. Dr. José Augusto de Oliveira
Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" (UNESP), São João da Boa Vista/SP

Prof. Dr. Eraldo Jannone da Silva e **Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto**
Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia de Produção, São Carlos/SP

Academic Work

Introdução

- Há influência que a produção exerce sobre toda a cadeia à montante e à jusante da etapa manufatura pode ser relevante, dependendo do tipo de produto e do seu respectivo ciclo de vida projetado (DORNFELD, 2014)

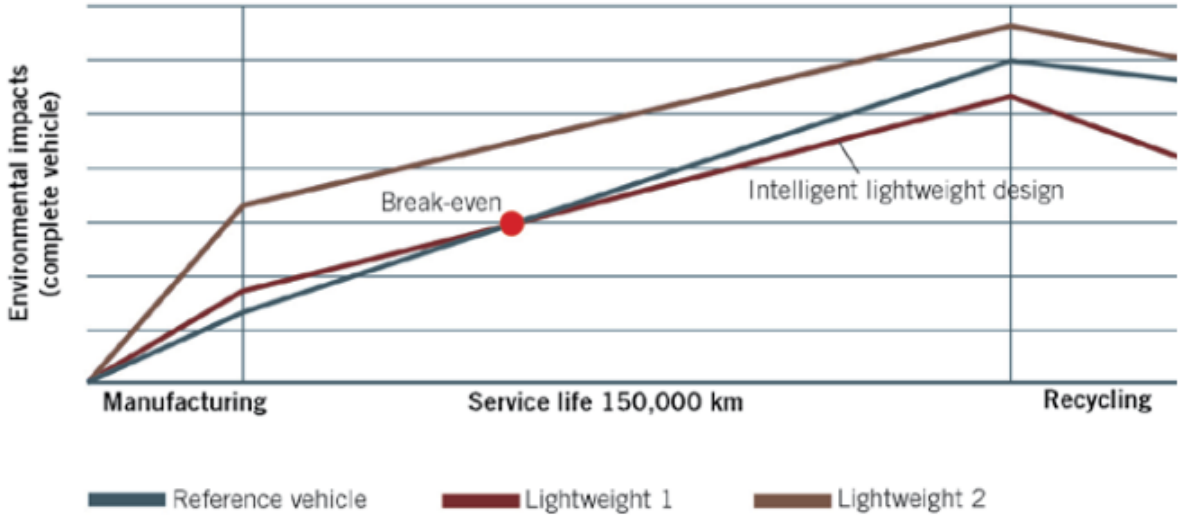


-Tipo de material
-Quantidade de material
-Parâmetros de processo
-Requisitos de qualidade

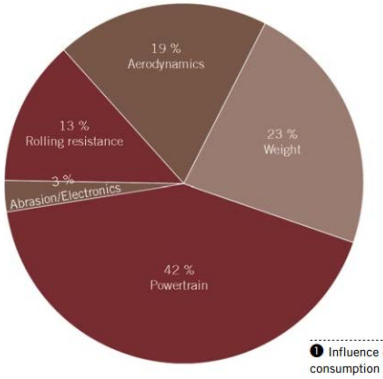
FONTE: DORNFELD, D. A. Moving towards green and sustainable manufacturing. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, v.1, n.1, p. 63–66, 2014.

Introdução

- Para Warsen e Krinke (2012), muitas vezes os impactos ambientais da **fase de uso dos veículos** automotivos **superam os impactos da manufatura** de seus componentes, e da própria montagem do veículo.



5 Environmental impacts of different lightweight design concepts



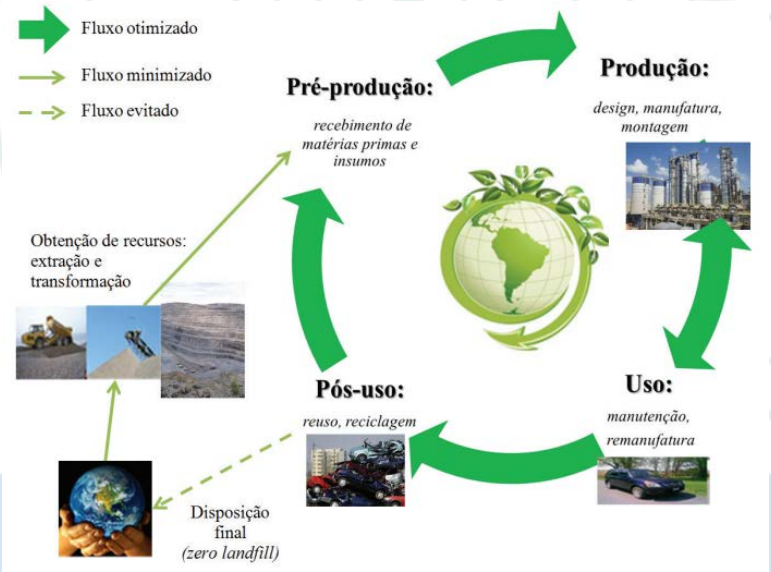
1 Influence of vehicle-related variables on fuel consumption (based on Golf VI BlueMotion)

FONTE: WARSEN, J.; KRINKE, S. The Life cycle approach at Volkswagen. AZT Worldwide, v.114, p.4–9, 2012.

Introdução

- Há **poucos estudos de ACV** aplicados na indústria automotiva brasileira, e menos ainda, ao se pesquisar sobre trabalhos dedicados ao estudo de **válvulas automotivas**;

- Necessidade de incluir abordagens relacionados ao ***Green Manufacturing*** **(GM)**.



FONTE: SILVA, D. A. L.; SILVA, E. J.; OMETTO, A. R. Green manufacturing: uma análise da produção científica e de tendências para o futuro. Production, p.642-655, 2016.

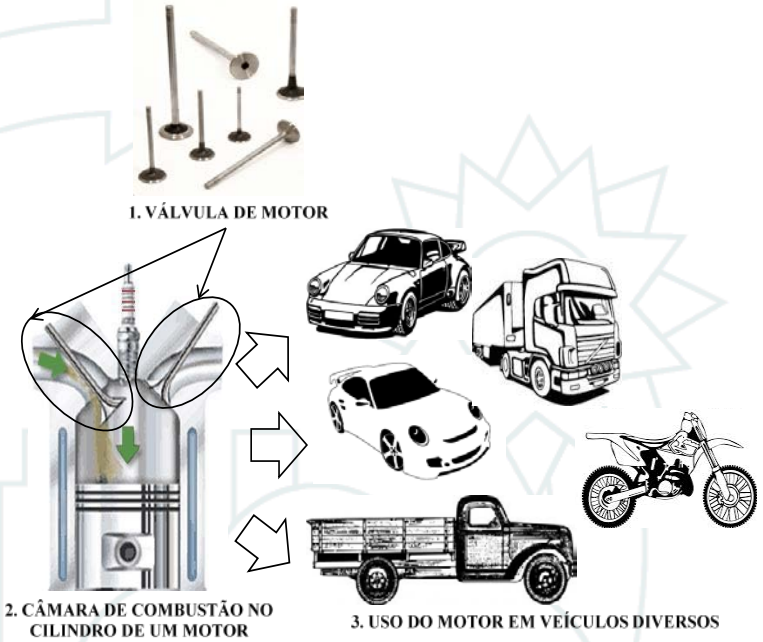
Objetivo

Aplicar a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) numa indústria produtora de **válvulas automotivas**, com foco em identificar potenciais melhorias ambientais dos **processos de fabricação** estudados sob a Visão de Ciclo de Vida de Produto.

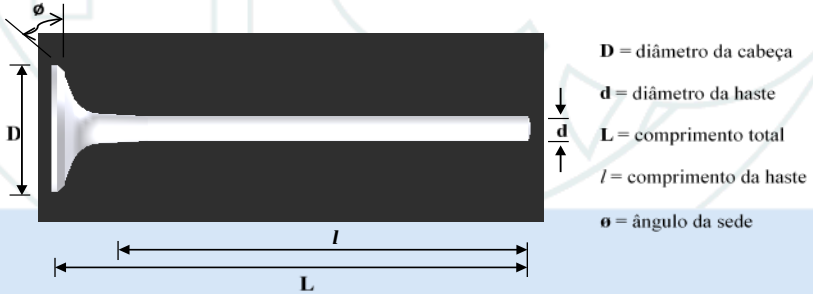
Objeto de Estudo

- Empresa do segmento metal mecânico que produz válvulas automotivas para admissão e escape;

- Sistema de produção caracterizado como **make-to-stock (MTS);**



- **Clientes:** grandes montadoras do setor automotivo nacional e internacional.



FONTE: SILVA, D. A. L. Gestão do ciclo de vida de produtos por meio da avaliação e do monitoramento ambiental de processos de manufatura: procedimento e estudos de caso. 2016. 317 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo.

Aplicação das 04 fases da ACV

• Fase 1: definição de objetivo e escopo

- Foi selecionado o modelo de **válvula de escape/exaustão** feita de aço cromo-silício e superliga, utilizada em **veículos de passeio** (quatro rodas). O uso da válvula ocorre em motores que requerem oito válvulas por motor, pois há duas válvulas em cada um dos quatro cilindros de motor. Porém, apenas **quatro válvulas são de escape**.

Produto	Função	Unidade funcional	Fluxo de referência
Válvula de escape para uso em motores de veículos de passeio movidos à gasolina.	Assegurar que a câmara de combustão esteja selada durante a ignição, e controlar a liberação dos gases de combustão.	A vedação da câmara de combustão e o controle da emissão dos gases da queima para 300.000 km rodados, utilizando veículo de passeio movido à gasolina.	A produção de quatro válvulas feitas de aço cromo-silício e superliga.

-O modelo de válvula escolhida é um dos principais produtos da empresa, correspondendo à produção de 14,0 mil válvulas/dia, e sendo exportada aos Estados Unidos.

Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 1: definição de objetivo e escopo

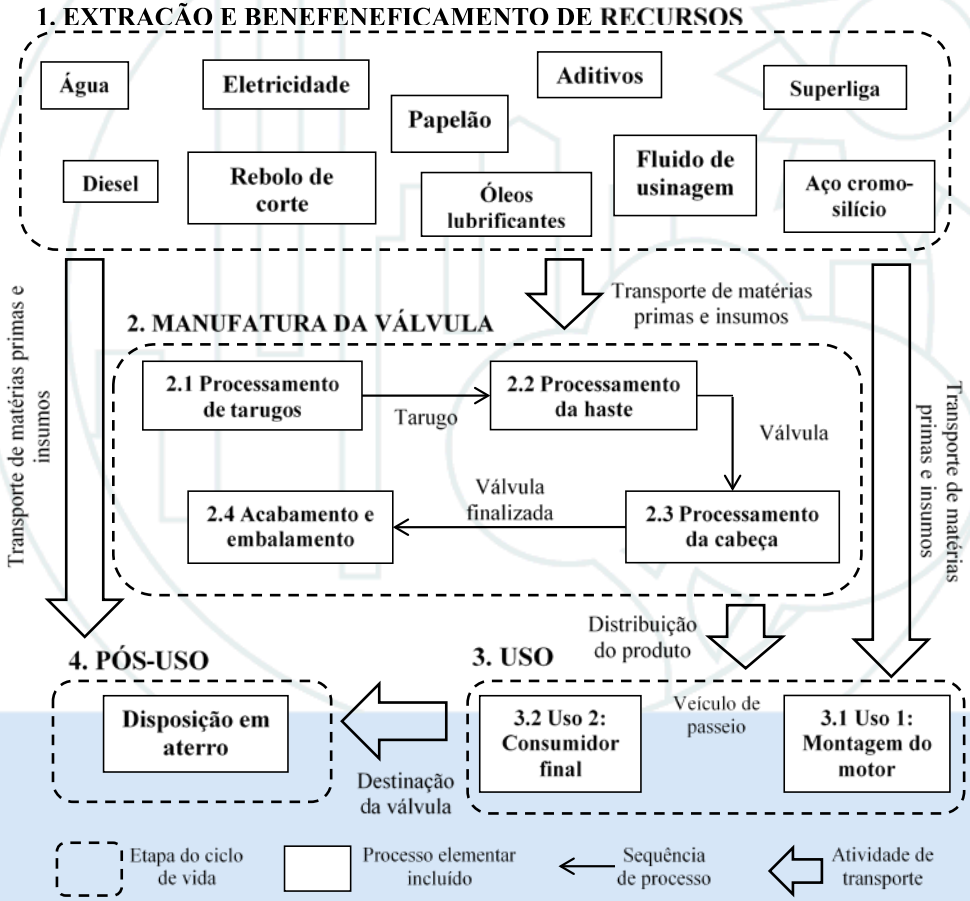
- Modelagem atribucional;

- Abordagem ***cradle-to-grave***;

- Critério de corte mássico: 95%

- Banco de dados do software **GaBi 6.5**;

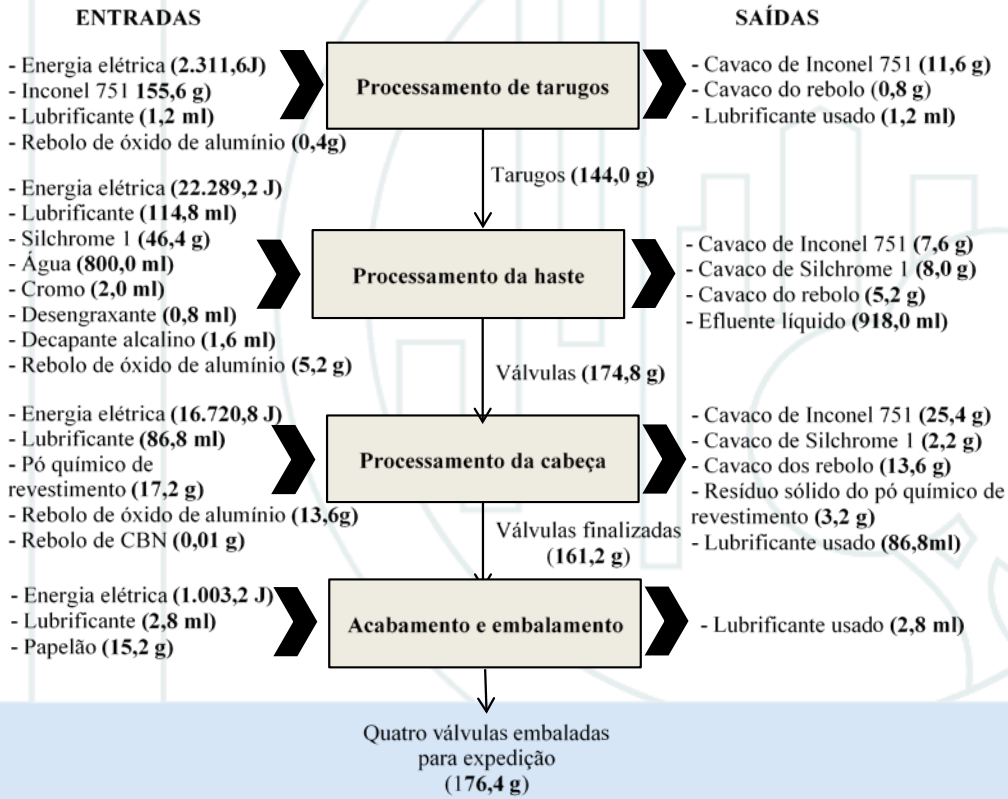
- Processos de manufatura não *black-box* (i.e., processos elementares estratificados por operação);



Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 1: definição de objetivo e escopo

-



FONTE: SILVA, D. A. L. Gestão do ciclo de vida de produtos por meio da avaliação e do monitoramento ambiental de processos de manufatura: procedimento e estudos de caso. 2016. 317 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo.

Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 2: Análise do inventário do ciclo de vida (ICV)

	Entradas		Saídas	
Manufatura	▪ Diesel*	2,0 g	▪ Dióxido de carbono* ▪ Monóxido de carbono*	6,4 g 1,3E-05 g
	Processamento de tarugos			
	▪ Energia elétrica	2.311,6 J	▪ Cavaco de Inconel 751	11,6 g
	▪ Inconel 751	155,6 g	▪ Cavaco do rebolo	0,8 g
	▪ Lubrificante	1,2 ml	▪ Lubrificante usado	1,2 ml
	▪ Rebolo de óxido de alumínio	0,8 g		
	Processamento da haste das válvulas			
	▪ Energia elétrica	22.289,2 J	▪ Cavaco de Inconel 751	7,6 g
	▪ Lubrificante	114,8 ml		
	▪ Sichrome 1	46,4 g	▪ Cavaco de Silchrome 1	8,0 g
	▪ Água	800,0 ml		
	▪ Cromo	2,0 ml	▪ Cavaco do rebolo	5,2 g
	▪ Desengraxante	0,8 ml		
	▪ Decapante alcalino	1,6 ml	▪ Efluente líquido	918,0 ml
	▪ Rebolo de óxido de alumínio	5,2 g		
	Processamento da cabeça das válvulas			
	▪ Energia elétrica	16.720,8 J	▪ Cavaco de Inconel 751	25,4 g
	▪ Lubrificante	86,8 ml	▪ Cavaco de Silchrome 1	2,2 g
	▪ Pó químico de revestimento	17,2 g	▪ Cavaco dos rebolos	13,6 g
	▪ Rebolo de CBN	0,01 g	▪ Resíduo do pó de revestimento	3,2 g
	▪ Rebolo de óxido de alumínio	13,6 g	▪ Lubrificante usado	86,8 ml
	Acabamento e embalamento			
	▪ Energia elétrica	1.003,2 J		
	▪ Lubrificante	2,8 ml	▪ Lubrificante usado	2,8 ml
	▪ Papelão	15,2 g		
Uso	*Uso 1: uso do válvula na montagem do motor*			
	▪ Válvulas de escape	176,4 g	▪ Dióxido de carbono*	23,2 g
	▪ Diesel*	1,4 g	▪ Monóxido de carbono*	0,07 g
	▪ Óleo pesado*	6,0 g	▪ Resíduo sólido papelão	15,2 g
	Uso 2: uso do válvula de veículo			
	▪ Diesel*	0,14 g	▪ Dióxido de carbono* ▪ Dióxido de carbono**	0,40 g 5,4E+04 kg
	▪ Gasolina**	1,7E+04 kg	▪ Monóxido de carbono* ▪ Dióxido de enxofre** ▪ Válvulas usadas	9,0E-04 g 2,5 kg 161,2 g
Pós-uso	Disposição em aterro			
	▪ Diesel*	0,31 g	▪ Dióxido de carbono*	0,8 g
	▪ Válvulas usadas	161,2 g	▪ Monóxido de carbono* ▪ Válvulas usadas	2,0E-03 g 161,2 g

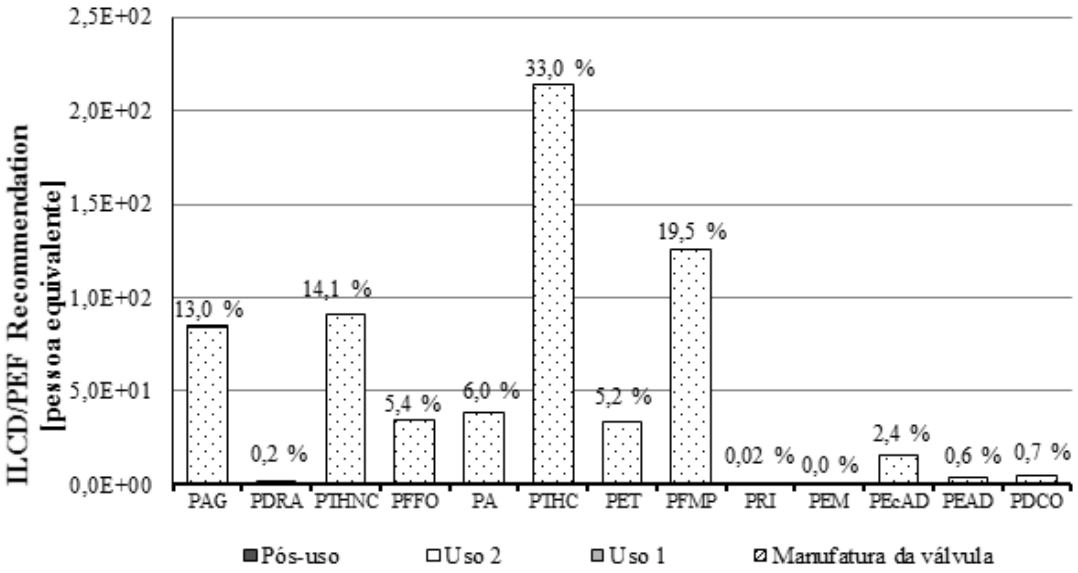
Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 3: Avaliação do impacto do ciclo de vida(AICV)

-Método de AICV: **ILCD Recommendations v. 1.06**

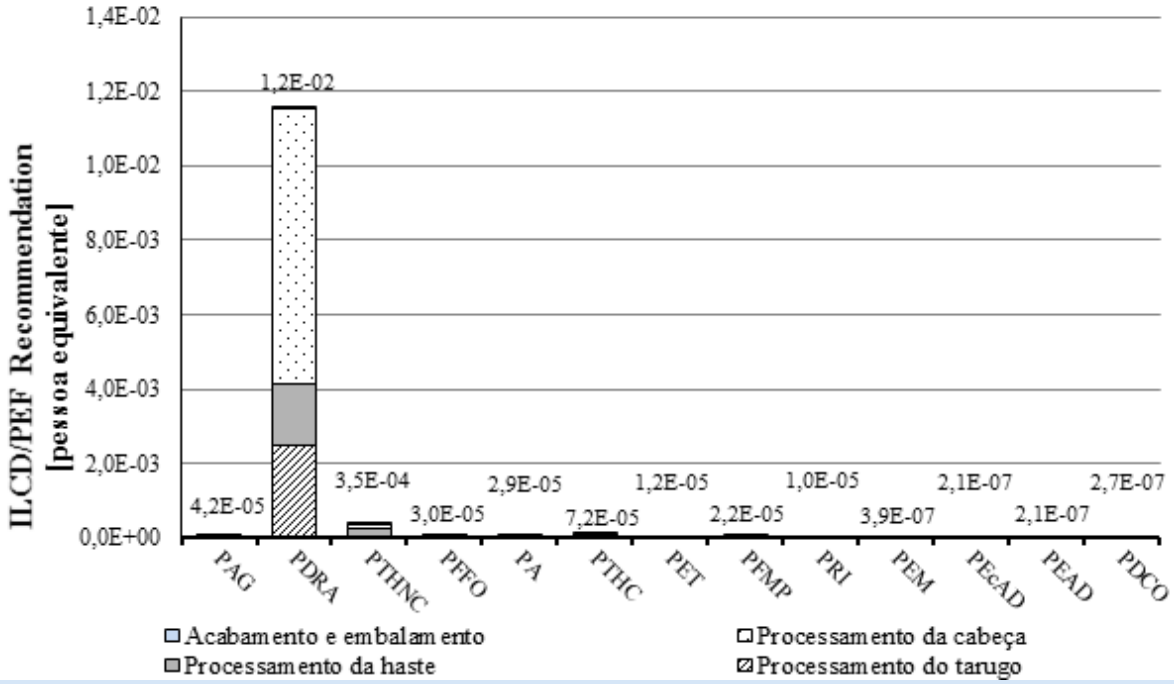
- Abordagem *midpoint*;

- **13 categorias de impacto**:
- Potencial de Acidificação (PA);
- Potencial de Aquecimento Global (PAG);
- Potencial de Depleção da Camada de Ozônio (PDCO);
- Potencial de Depleção de Recursos Abióticos (fóssil e mineral) (PDRA)
- Potencial de Eutrofização para Água Doce (PEAD);
- Potencial de Ecotoxicidade para Água Doce (PEcAD);
- Potencial de Formação Fotoquímica de Ozônio (PFFO);
- Potencial de Formação de Material Particulado/Inorgânicos Respiratórios (PFMP);
- Potencial de Eutrofização Marinha (PEM);
- Potencial de Eutrofização Terrestre (PET);
- Potencial de Radiação Ionizante (PRI);
- Potencial de Toxicidade Humana – Efeitos Carcinogênicos (PTHC);
- Potencial de Toxicidade Humana – Efeitos Não Carcinogênicos (PTHNC).



Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 3: Avaliação do impacto do ciclo de vida(AICV)



Contribuição dos processos de fabricação

Aplicação das 04 fases da ACV

- Fase 4: Interpretação

Processo elementar	Categorias de impacto ambiental de destaque	Hostspots ambientais	Oportunidades de melhorias
Uso 2	PAG	Emissões ao ar de CO, CO_2, SO_2, material particulado, e metais pesados, e as emissões a água de metais pesados, devido a cadeia de produção da gasolina e/ou de sua queima no motor de veículo de passeio.	Reduzir o consumo de combustível durante a fase de uso. O consumo de combustível depende de diversos fatores, entre eles, o peso do veículo. Assim, estudos de Ecodesign podem ser realizados com foco na redução do peso dos componentes que integram os veículos.
	PTHNC		
	PTHC		
	PFMP		
Processamento da cabeça	PDRA	Consumo de eletricidade, seguido do consumo das matérias primas Inconel 751 e Silchrome 1, e o consumo de fluido de corte.	Reduzir o consumo de matérias-primas e insumos na produção. Iniciativas como a PE integrada à P+L ou a GM, podem ser alternativas viáveis para se minimizar desperdícios na produção, com viés de preservação do meio ambiente.
Processamento do tarugo			
Processamento da haste			

Considerações Finais

- Neste artigo, para o estudo de caso na indústria automotiva de válvulas, as principais categorias de impacto avaliadas foram **PAG**, **PFMP**, **PTHC** e **PTHNC;**
- **Mais de 90% dos impactos** avaliados foram à **jusante da manufatura**, i.e., ocorreram durante a fase de **uso das válvulas em motores de veículos**.
- Assim, reduzir o consumo de combustível durante a fase de uso é uma iniciativa importante para minimizar *hotspots* ambientais;
- O consumo de combustível depende de diversos fatores, entre eles, o peso do veículo. Assim, estudos de ***Ecodesign*** podem ser realizados com foco na **redução do peso dos componentes** que integram os veículos;
- Contudo, como as válvulas automotivas são elementos de pequenas dimensões e peso frente a um automóvel convencional, tais medidas de redução de peso devem focar em outros elementos de maior porte e representatividade mássica nos automóveis (como chassis, e outras partes estruturais);
- Sobre os impactos potenciais da fase de **fabricação das válvulas**, a principal categoria de impacto afetada foi **PDRA**, em virtude do **consumo de eletricidade**, seguido do consumo das matérias primas Inconel 751 e Silchrome 1, e o consumo de fluido de corte nas etapas de fabricação. Portanto, sugere-se a minimização do consumo desses recursos, e iniciativas como a PE integrada à P+L ou a GM são desejáveis.

OBRIGADO!!!

PROF. DR. DIOGO APARECIDO LOPES SILVA
Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba
http://www.ppgeps.ufscar.br/
✉ diogo.apls@ufscar.br / diogo.apls@gmail.com
☎ +55 15 3229 7454 / +55 15 981127843
CV: http://lattes.cnpq.br/1101747760784249
https://www.researchgate.net/profile/Diogo_Silva10/publications/
https://br.linkedin.com/in/diogo-aparecido-lopes-silva-76142736

Rod. João Leme dos Santos, Km 110 – SP 264
Bairro do Itinga
Sorocaba, SP, CEP 13565-905