

Avaliação de modelos de caracterização para material particulado – Fatores de efeito

Evaluation of characterization models for particulate matter – Effect factors

RESUMO

Gabriela Roiko Cheli

gabcheli@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Profa. Dra. Yara de Souza Tadano

yaratadano@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Letícia Yuriko Togawa

leticia_yuriko@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

A técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) objetiva analisar o ciclo de vida envolvido em um produto ou processo e associar os impactos causados em cada uma das etapas desse ciclo. Essa associação é feita na etapa de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) por meio de fatores de caracterização (FC), para cada categoria de impacto. Para a categoria formação de material particulado, este trabalho tem como foco avaliar modelos de caracterização a fim de identificar o mais adequado a ser utilizado no Brasil. A análise dos modelos será feita de acordo com a divisão do FC no fator de inalação e fator de efeito. Primeiramente, realizou-se uma análise de modelos previamente selecionados por meio de critérios e subcritérios, porém, estes não possuem dados relevantes do contexto nacional, o que indica a necessidade de avanço nos estudos de AICV no Brasil. Posteriormente, os modelos faltantes também serão analisados e todos serão avaliados quantitativamente e comparados, a fim de recomendar o mais adequado a ser aplicado interinamente no contexto nacional. Com isso, permite-se um avanço científico nas pesquisas de AICV no Brasil, além de possibilitar resultados mais fidedignos e próximos à realidade nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Material particulado. Modelos de caracterização. Fator de efeito. AICV.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The Life Cycle Assessment (LCA) aims to analyze the life cycle involved in a product or process and connect the impacts caused in each stage of this cycle. This association is made in the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) stage by characterization factors (CF), for each impact category. To particulate matter formation category, this work focus is to evaluate characterization models in order to identify the most appropriate to apply in Brazil. These models analysis are going to be done by the CF division in intake fraction and effect factor. First of all, a previous list of selected models were analyzed by criteria and subcriteria, but these models haven't shown relevant data in brazilian context, what indicates the need for advancement in LCIA studies in Brazil. Then, the missing models are going to be analyzed too and all the models will be evaluated quantitatively and compared in order to recommend the most appropriate to apply in nacional context. Thereby, it will allow a scientific breakthrough in LCIA researches, beyond the possibility of reliable and closer to the brazilian reality results.

KEYWORDS: Particulate matter. Characterization models. Effect factor. LCIA.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) apresenta que 91% da população mundial vive em locais em que a qualidade do ar excede os seus limites padrões (OMS, 2019). A qualidade do ar depende do tipo de fonte poluidora e, dentre esses poluentes, encontra-se o material particulado (MP). O MP é composto por partículas extremamente pequenas, que podem afetar os sistemas respiratório e cardiovascular, influenciando negativamente na saúde humana. Normalmente, essas partículas são emitidas por indústrias e automóveis (U.S.EPA, 2019).

A redução da emissão desses poluentes atmosféricos está relacionada com o crescimento dos estudos referentes à área de Avaliação do Ciclo de vida (ACV). ACV é uma técnica que mensura os possíveis impactos relacionados ao ciclo de vida de determinado produto ou serviço, englobando todas as suas etapas de produção e utilização (IBICT, 2019).

A ACV é dividida em quatro etapas: definição do objetivo e escopo; análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV); Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV); e interpretação. A análise dos impactos causados é definida na etapa de AICV, a qual relaciona cada fase do ciclo de vida proposta no ICV com os impactos potenciais presentes naquela fase, por meio de fatores de caracterização (FC), os quais são obtidos em modelos de caracterização para determinadas categorias de impacto (NBR ISO 14040, 2009).

Os estudos já existentes para essa categoria abrangem Europa, EUA e Japão, países que possuem uma realidade diferente do Brasil, como características climáticas, socioeconômicas e regionais distintas. Neste sentido, a categoria de impacto formação de material particulado vem sendo estudada no Brasil pela Rede de Pesquisa em Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (RAICV), criada em 2014 (ALMEIDA NETO; LINS; ALVARENGA, 2016).

Neste sentido, a análise deste trabalho tem a finalidade de recomendar o modelo mais adequado para utilização no contexto brasileiro. Esta será feita por meio da divisão do FC em outros dois fatores que originam o seu cálculo, os quais são o fator de inalação e o fator de efeito, sendo esse último o que considera os efeitos na saúde humana e, também, foco deste trabalho.

METODOLOGIA

Neste trabalho, intenciona-se buscar dados e informações nos modelos de caracterização que são voltados ao fator de efeito, como as consequências na saúde humana que o modelo considera em seus cálculos. Os modelos a serem avaliados neste trabalho foram previamente selecionados e são apresentados no Quadro 1. Esses modelos foram escolhidos devido à sua recomendação pelo *LCA Compendium* (2015), com a inclusão dos modelos UNEP/SETAC (2016) e Van Zelm (2016) por serem mais atuais. Todos são reconhecidos pela comunidade científica.

Quadro 1 – Modelos de caracterização para material particulado recomendados por Hauschild e Hujibregt (2015), mais UNEP/SETAC (2016) e Van Zelm et al. (2016).

Modelos de caracterização	Resolução espacial	Método de AICV
Gronlund et al. (2014), Humbert et al. (2011)	Global (dividido em continentes)	Impact World+
Humbert (2009)	Global	ILCD/LCIA
Goedkoop et al. (2009), Van Zelm et al. (2008)	Europa	ReCiPe
UNEP/SETAC (2016)	Europa, América do Sul, América do Norte e Ásia	-
Jolliet et al. (2003), Itsubo e Inaba (2012)	Europa	IMPACT 2002+/LIME2
Bare (2003), Bare et al. (2011)	Global (EUA dividido por estados)	TRACI 2/TRACI 1
Van Zelm et al. (2016)	Global (56 regiões emissoras e 56 regiões receptoras)	-

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 2 – Critérios analisados nos modelos de caracterização neste trabalho.

Critérios		Níveis de classificação			
Critério 1 – Escopo (Avaliação final)		Alta	Moderada	Baixa	NA (Não se aplica)
1.1	Abrangência do escopo de aplicação	Global/Continental/Regional			
1.1.1	Nível de diferenciação espacial	Regiões consideradas no modelo			
1.1.2	Resolução temporal	Anos considerados nos dados coletados de efeitos na saúde humana			
1.1.3	Efeitos na saúde humana (<i>health endpoints</i>)	Quantos e quais consequências na saúde foram consideradas			
1.1.4	Em nível de fluxos elementares considerados	Quais as substâncias consideradas na formação de material particulado			
1.1.4.1	Ano de coleta das concentrações de poluentes	Quais os anos consideradas nas coletas das concentrações de poluentes			
Critério 2 – Robustez científica (Avaliação final)		Alta	Moderada	Baixa	NA
2.1	Método de AICV ou comunidade científica	Sim		Não	
2.1.2	Apresentação da cadeia de causa e efeito	Sim		Não	
2.2	Transparência e acessibilidade	Sim		Não	
2.2.1	Clareza das equações	Sim		Não	
2.1.2	Clareza das variáveis	Sim		Não	
Critério 3 – Fatores de Caracterização nacionais (Avaliação final)		Alta	Moderada	Baixa	NA
3.1	Possui FC para o Brasil	Sim		Não	
3.1.1	Arquétipos considerados	Quais os ambientes de emissão e formação de MP considerados			
3.1.2	FC apropriado para o contexto nacional	Sim		Não	Não se aplica

Fonte: Autoria própria (2019).

Esses modelos foram avaliados de acordo com critérios e subcritérios apresentados no Quadro 2, a fim de compará-los e apontar o modelo que possui informações utilizadas no contexto brasileiro que sejam mais relevantes.

Alguns dos itens apresentados no Quadro 2 foram modificados do quadro utilizado previamente por Santos (2018), devido à separação da análise do FC em fator de inalação e fator de efeito. Essa adaptação apresenta o foco para o fator de efeito e as informações que serão analisadas nos modelos de caracterização.

Esses critérios e subcritérios apresentados no Quadro 2 foram adotados em 2014, durante o II Workshop Internacional de ACV: AICV, realizado em Curitiba, PR. A classificação desses critérios foi escolhida devido à sua utilização pelo *ILCD Handbook* (2011), juntamente com a classificação de Mendes (2013), enquanto que o critério de fator de caracterização nacional foi definido pelos membros da RAICV.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Alguns dos modelos de caracterização e seus respectivos métodos foram analisados de acordo com os critérios e subcritérios apresentados no Quadro 2. Esta análise é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Modelos de caracterização analisados.

Critérios		Modelos de caracterização		
Critério 1 – Escopo (Avaliação final)		UNEP/SETAC (2016)	Itsubo e Inaba (2012)	Jolliet (2003)
		Moderada	Baixa	Baixa
1.1	Abrangência do escopo de aplicação	Global	Regional	Continental
1.1.1	Nível de diferenciação espacial	Europa, América do Sul, América do Norte e Ásia	Japão	Europa e América do Norte
1.1.2	Resolução temporal	1990, 2005 e 2010	1995	1995
1.1.3	Efeitos na saúde humana (<i>health endpoints</i>)	Doença cerebrovascular, doença pulmonar, câncer de pulmão, entre outros	Mortes, incapacidades e doenças respiratórias	Sintomas respiratórios inferiores, mortalidade por doenças crônicas obstrutivas pulmonares, entre outros
1.1.4	Em nível de fluxos elementares considerados	SO ₂ , NO _x , MP ₁₀ , VOC, CO, TSP e MP _{2,5}	SO ₂ , NO _x , MP ₁₀ e MP _{2,5}	NH ₃ , NO _x , MP ₁₀ , VOC, CO, TSP e MP _{2,5}
1.1.4.1	Ano de coleta das concentrações de poluentes	1990, 2005 e 2010	1995	-
Critério 2 – Robustez científica (Avaliação final)		Alta	Baixa	Baixa
2.1	Método de AICV ou comunidade científica	Sim	Sim	Sim

Continuação Quadro 3 – Modelos de caracterização analisados.

Critérios		Modelos de caracterização		
2.1.2	Apresentação da cadeia de causa e efeito	Sim	Não	Sim
2.2	Transparência e acessibilidade	Sim	Não	Não
2.2.1	Clareza das equações	Sim	Não	Não
2.1.2	Clareza das variáveis	Sim	Não	Não
Critério 3 – Fatores de Caracterização nacionais (Avaliação final)		Baixa	Baixa	Baixa
3.1	Possui FC para o Brasil	Não	Não	Não
3.1.1	Arquétipos considerados	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
3.1.2	FC apropriado para o contexto nacional	Não	Não	Não

O Quadro 3 apresenta detalhadamente a análise realizada para os modelos de caracterização. Pode-se perceber também que, os dados relacionados ao contexto brasileiro são escassos, pois a maioria dos modelos abrange apenas regiões da Europa e EUA, com algumas exceções, como América do Sul no geral, e Japão.

CONCLUSÃO

Com os trabalhos previamente analisados, pode-se concluir que, são poucas as informações a respeito do cenário brasileiro consideradas nestes modelos para a categoria em questão. O restante dos modelos previstos será analisado posteriormente. Após a sua avaliação e classificação, estes serão avaliados quantitativamente, permitindo a recomendação do modelo mais adequado a ser utilizado interinamente nos estudos de ACV no Brasil. A importância de se obter um modelo para ser utilizado no contexto brasileiro se deve à falta de dados disponíveis, atualmente, para realizar uma AICV considerando esta categoria de impacto. Com isso e com a separação do FC, espera-se avançar cientificamente em estudos de AICV no Brasil e, também, possibilitar resultados mais fidedignos e próximos à realidade nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, J. A., LINS, I. de O., ALVARENGA, R. A. F. **Recomendação de métodos de contabilização de recursos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 5. Fortaleza, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040/2009: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

EC-JRC - European Commission Joint Research Centre. **Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context**: based on existing environmental impact assessment models and factors. ILCD handbook - International Reference Life Cycle Data System, European Union EUR24571EN, 2011.

HAUSCHILD, M. Z.; HUIJBREGTS, M. A. J. **Life Cycle Impact Assessment**. LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment: Chapter 6: Particulate Matter Formation, [S.l.], p.97-114, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). **Histórico da ACV**. Brasília, 2019. Disponível em <<http://acv.ibict.br/acv/historico-da-acv/>>. Acesso em: 22 maio 2019.

MENDES, N. C. **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida**: análise e subsídio para a aplicação no Brasil. 2013. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

SANTOS, P. N. A. **Avaliação de modelos de caracterização de AICV para a categoria material particulado no contexto brasileiro**. 2018. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP); SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC). **Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators**. Life Cycle Initiative, v. 1, 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA). **Particulate Matter (PM) Basics**. 2019. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>>. Acesso em: 15 maio 2019.

VAN ZELM, R. et al. (2016) **Regionalized life cycle impact assessment of air pollution on the global scale**: Damage to human health and vegetation. Atmospheric Environment.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (OMS). **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide**. 2005. Disponível em:<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 maio 2019.