

X-010 – COMPARAÇÃO ENTRE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR CATEGORIA DE VEÍCULOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Thiago Vieira Vasques⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestrando em Engenharia Ambiental na UFSC.

Leonardo Hoinaski⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor em Engenharia Ambiental (UFSC). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da (UFSC) e Supervisor do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar.

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Delfino Conti - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88.040-970 - Brasil – Telefone: (48) 3721 – 4993. Email: leonardo.hoinaski@ufsc.br

RESUMO

Os elevados números de veículos nas cidades brasileiras dificultam a mobilidade urbana e emitem grande quantidade de poluentes para atmosfera. O estado de Santa Catarina possui a 6ª maior frota e uma das maiores densidades de veículos do país. A implementação de regulamentos e estratégias de controle da qualidade do ar são importantes para saúde ambiental. Por este motivo, a elaboração de inventários de emissões veiculares possibilita quantificar e identificar a origem das emissões. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo, comparar as emissões por categoria de veículos no estado de Santa Catarina. Utilizando o método *Top-Down*, e considerando a idade da frota, o consumo de combustível e o fator de emissão dos veículos para cada município do estado, estimou-se as emissões totais do estado catarinense. Santa Catarina possui frota veicular com predomínio de veículos leves, equivalente a 59% da frota total, sendo estes os principais responsáveis pela emissão de CO (74%) e HC (57%). Os veículos comerciais leves possuem um perfil de emissão semelhante aos veículos leves, no entanto, com menor magnitude devido a menor frota. As motos, apesar de representarem a segunda maior frota do estado em número de veículos e 24% da frota total, emitem pouco. Os veículos pesados representam apenas 5% da frota total, e são os principais emissores de NO_x (93%) e MP (99%). Diante desses resultados, as emissões veiculares se mostram como uma importante fonte de emissão de poluentes, que podem ser sujeitas a uma possível adoção de medidas de controle visando à preservação da qualidade do ar.

PALAVRAS-CHAVE: Emissões Veiculares, Inventário de Emissões, Top-Down, Santa Catarina.

INTRODUÇÃO

O ar é um recurso básico para a vida, e a deterioração desse recurso, devido a ações antrópicas e natural é uma ameaça à saúde ambiental (WHO, 2005). A poluição atmosférica além de causar transtornos à saúde da população, também ocasiona maiores gastos para o estado, devido o aumento de serviços em unidades de saúde.

O elevado número de veículos nas cidades tornam as emissões veiculares responsáveis por uma considerável parte das emissões atmosféricas (CETESB, 2016). A utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia para o setor de transportes é responsável pela emissão de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP) e hidrocarbonetos (HC). Esses poluentes causam efeitos adversos à saúde humana e estão relacionados a doenças respiratórias, como asma, à maior incidência de câncer de pulmão, doenças cardiovasculares, problemas neurológicos e de reprodução (UEDA, 2011).

A utilização dos diferentes tipos de combustível está relacionada com o tipo de motor do veículo: Ciclo Otto e Ciclo Diesel, ambos são motores a combustão interna, e possuem padrões de emissões diferentes. O primeiro é equipado em veículos leves que são responsáveis pelo consumo de gasolina e etanol hidratado, tem como

principal característica a vela de ignição. O segundo é utilizado em veículos pesados que possui maior consumo de óleo diesel, a combustão é realizada pelo aumento da temperatura no motor provocada pela compressão do ar (CETESB, 2016; TEIXEIRA; FELTES; SANTANA, 2008).

As emissões de um veículo automotor são influenciadas por vários fatores, dentre os quais se podem destacar: tecnologia do motor, porte e tipo de uso de veículo, idade do veículo, projeto e materiais do sistema de alimentação do combustível, tipo e qualidade do combustível (pressão de vapor), condições de manutenção e condução, além de fatores meteorológicos (pressão e temperatura ambientes).

No Brasil, a resolução CONAMA Nº 15/1995 estabelece o controle da emissão veicular de gases a partir das categorias de veículos. São classificados de acordo com o peso do automotor, sua capacidade de carga e o número máximo de passageiros transportado (BRASIL, 1995).

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o estado de Santa Catarina (SC) possui a 6ª maior frota, com predomínio de veículos leves para uso particular, e a maior densidade de veículos do país. Os municípios mais urbanizados e industrializados tendem emitir maior quantidade de poluente de acordo com o perfil da frota, e o escoamento da produção industrial é principalmente realizada por rodovias, através de veículos pesados (BRASIL, 2016). Apesar da problemática, nenhum órgão ambiental em Santa Catarina realiza o monitoramento da concentração de poluentes atmosféricos, e ainda desconhece as principais fontes de emissão (ALVES *et al.*, 2014).

O presente trabalho faz parte do projeto "AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS EMISSÕES VEICULARES, QUEIMADAS, INDUSTRIAIS E NATURAIS NA QUALIDADE DO AR EM SANTA CATARINA" contemplado no Edital de Demanda Espontânea da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), segundo o termo de outorga 2018TR499. O projeto conta com o apoio da Diretoria de Mudanças Climáticas (DMUC) da Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) do Estado de Santa Catarina.

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é comparar as emissões entre as categorias de veículos leves, comerciais leves, motos e pesados do estado de Santa Catarina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Santa Catarina é uma das 27 unidades federativas do Brasil, e esta localizada no centro da região Sul do país. O estado possui 295 municípios, abrangendo em uma área de 95.737,954 km². A frota estadual é de aproximadamente 4.772.160 veículos licenciados, distribuídos em 21 categorias, e 17 tipos diferentes de combustível no ano de 2016, segundo os relatórios estatísticos disponibilizados pelo DENATRAN (2016).

Foram considerados que todos os veículos licenciados em uma cidade utilizam os combustíveis e emitem os poluentes no respectivo município. O fluxograma apresentado na Figura 1 descreve as fontes e os dados necessários para a implementação da metodologia, e os cálculos estimativos.

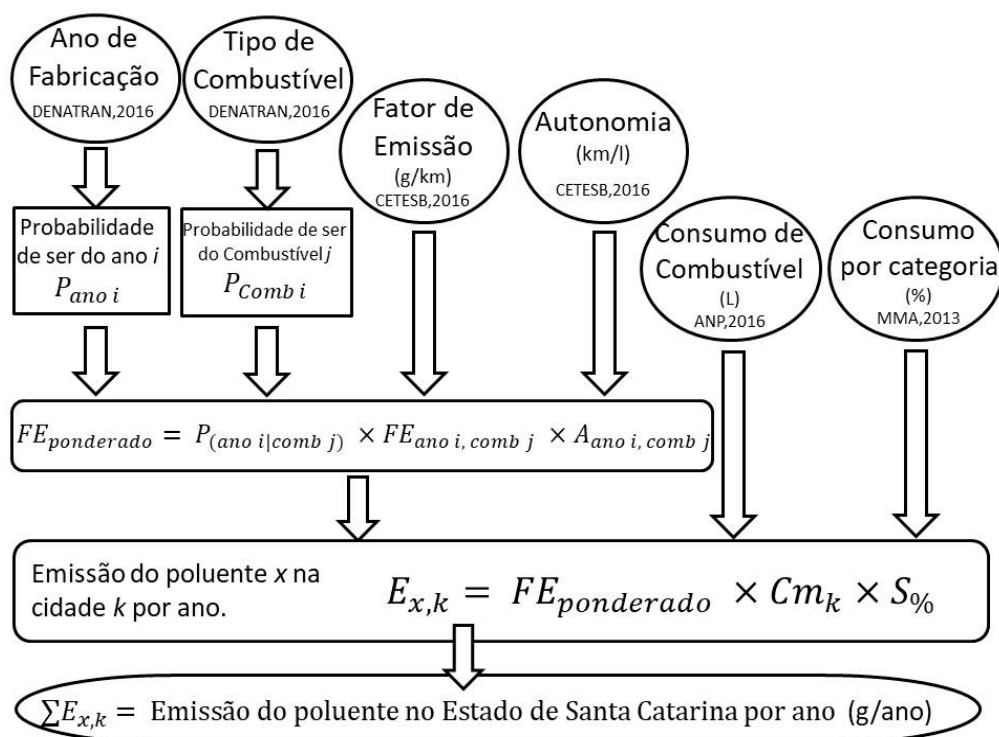


Figura 1: Fluxograma da Metodologia

Estimaram-se emissões de Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos, Óxidos de Nitrogênio, Material Particulado, e Óxido Nítrico com base nos fatores de emissão elaborados nos estudos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016). O método utiliza um fator de emissão (FE) ponderado em função das características da frota de cada cidade (ano modelo, combustível e categoria). O consumo de combustível em cada município também é utilizado.

A caracterização da frota veicular foi realizada agrupando as diferentes categorias em quatro classes: leves, comerciais leves, motos e pesados. Foram desconsideradas as categorias de bonde, reboque, semirreboque e sidecar, pois estes não têm emissão de exaustão.

Para compatibilizar a frota de veículos e os fatores de emissão, os veículos leves com ano modelo de fabricação anterior a 1982 foram agrupados, e a eles foram aplicados fatores de emissão de 1982. Os veículos de ano modelo mais recentes, serão agrupados na última categoria de FE disponível. Ou seja, para anos-modelo 2017, foram conferidos FE referentes ao de 2016. A respeito dos comerciais leves, a mesma adaptação foi necessária, além do agrupamento dos carros novos do ano de 2017 para 2016, os veículos com ano modelo até 1983 foram agrupados. Para motocicletas, os veículos de ano modelo de fabricação até 2003 foram agrupados, além do agrupamento dos veículos novos do ano de 2017 para 2016. Quanto aos pesados, foram agrupados os veículos com ano modelo de fabricação inferiores a 1999. Os veículos novos de 2017 foram agrupados com o ano modelo 2016.

Através de informações sobre os tipos de combustível utilizados em cada município, disponibilizados pelo DENATRAN (2016), é possível determinar a proporção de veículos que utilizam um determinado combustível. Com o passar dos anos, novas tecnologias de combustível foram desenvolvidas e entraram no mercado. A partir de 2003, a tecnologia *flex-fuel* teve a sua rápida penetração no mercado e começou a ser comercializada para os veículos leves e comerciais leves, chegando às motocicletas em 2010. A frota de veículos *flex-fuel* foi desagregada entre aquela que opta por utilizar gasolina e aquela que opta por utilizar etanol hidratado. Foram utilizadas as proporções de que 48% dos veículos *flex-fuel* utilizam etanol hidratado como combustível e os outros 52% abastecem com gasolina.

O consumo de combustível varia entre as classes de veículos. Entre elas existem motores do ciclo Otto e do ciclo Diesel. Cada uma consome uma parcela de cada tipo de combustível comercializado no município, conforme é apresentado na Tabela 1. A segregação do consumo de combustível por classe de veículos foi estabelecida de acordo com as informações do inventário de emissões por veículos rodoviários do ano de 2013 (BRASIL, 2013).

Tabela 1: Consumo de Combustível por classe de veículos no ano de 2016 em 10³ m³ e porcentagem do consumo pela categoria.

Categoria		Gasolina C	Etanol	Diesel
Leves	10 ³ m ³	24.541	15.625	-
	(%)	(77)	(82)	-
Comerciais Leves	10 ³ m ³	4.497	2.583	1.662
	(%)	(14)	(14)	(4)
Motos	10 ³ m ³	2.721	851	-
	(%)	(9)	(4)	-
Pesados	10 ³ m ³	-	-	38.704
	(%)	-	-	(96)
TOTAL	10 ³ m ³	31.759	19.059	40.366
	(%)	(100)	(100)	(100)

Fonte: Adaptado de BRASIL, (2013).

RESULTADOS E ANÁLISE

A frota do estado de Santa Catarina tem predomínio de veículos leves com 59,23% da sua frota total. O detalhamento por categorias deste estudo segue o perfil das frotas veiculares descrito pela CETESB, (2016) para o estado de São Paulo, e os valores apresentados pelo inventário nacional de emissões de veículos rodoviários (BRASIL, 2013). A Tabela 2 apresenta a proporção de veículos para cada categoria.

Tabela 2: Porcentagem da composição da frota de Veículos.

Categoria	Santa Catarina	São Paulo	BRASIL
Leves	59,23%	67,0%	57,0%
Comerciais Leves	12,06%	13,0%	11%
Motos	23,71%	17,0%	28%
Pesados	4,99%	3,7%	4%

Fonte: Adaptado de (CETESB, 2016; BRASIL, 2013).

Foram calculadas as emissões de poluentes para todos os 295 municípios do estado de Santa Catarina. As diferentes categorias de veículos consideradas no presente trabalho possuem variações no fator de emissão, ano do veículo e o combustível utilizado. A Figura 2 apresenta a estimativa de emissão de poluentes, discriminada para cada categoria de veículo: leves (L), comerciais leves (C.L.), motos (M) e pesados (P). Cada dado do *boxplot* (Figura 2) representa a emissão de um município do estado de SC.

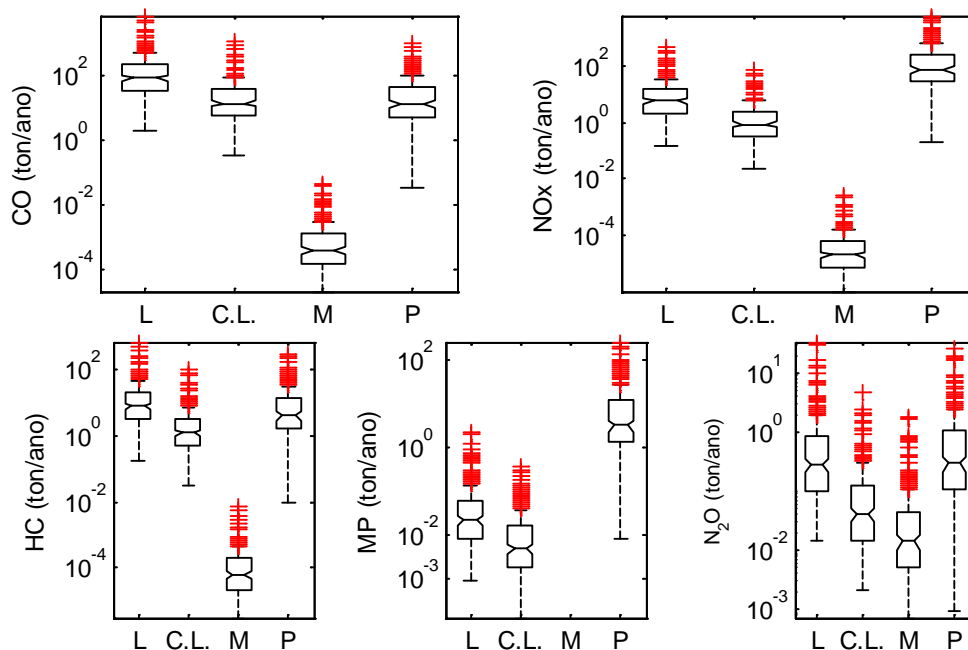


Figura 2: Estimativa de emissão dos poluentes CO, NOx, HC, MP e N₂O das categorias de veículos leves (L), comerciais leves (C.L.), motos (M) e pesados (P) para cada municípios de SC.

A partir da Figura 2, nota-se que a maioria das cidades catarinenses tende a seguir um perfil de emissão de algumas toneladas por ano. Isso ocorre de forma semelhante para todos os poluentes estimados. Porém, existem municípios que apresentam uma emissão muito acima da região interquartil, como pode ser visto nos (*outliers*) da Figura 2 (símbolo +).

Os resultados apresentam uma nítida variação da emissão estimada para cada poluente, de acordo com as categorias de veículos. A emissão de MP na categoria das motocicletas é pequena. O relatório da CETESB (2016) não apresenta fatores de emissão desse poluente pra essa categoria, por isso a ausência desses valores. A Figura 3 apresenta a porcentagem de contribuição de cada categoria para cada poluente.

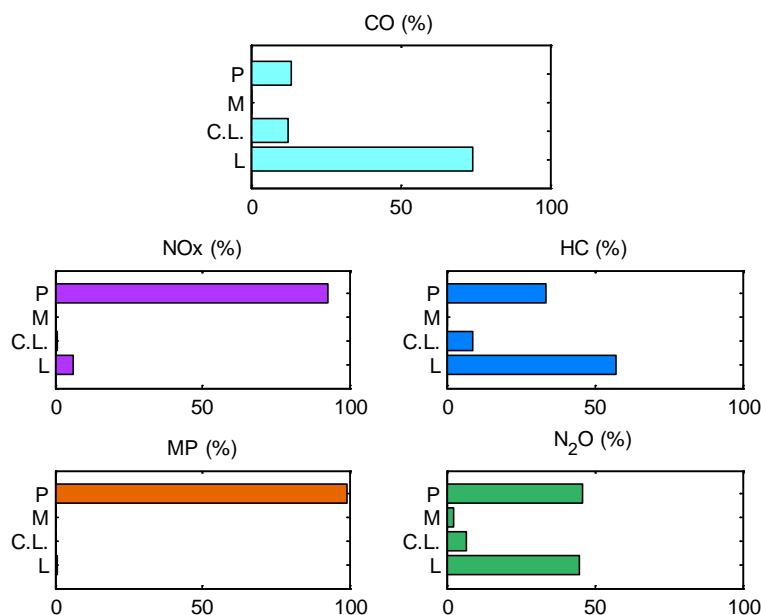


Figura 3: Porcentagem de contribuição de emissão de cada categoria de veículos leves (L), comerciais leves (C.L.), motos (M) e pesados (P) no Estado de SC.

O estado de Santa Catarina possui os veículos leves como os principais responsáveis pela emissão de CO (74%) e HC (57%), enquanto que os veículos pesados, que compõem apenas 5% da frota de veículos do estado, complementam com uma quantidade considerável a emissão desses poluentes. Os comerciais leves possuem um perfil de emissão semelhante aos veículos leves, no entanto, com menor magnitude devido a menor quantidade de veículos. A categoria das motocicletas possui a segunda maior frota do estado em número de veículos. O seu fator de emissão e a sua autonomia são os menores entre as categorias, o que favorece o menor consumo de combustível. Portanto, as emissões das motocicletas representam uma parcela muito inferior em relação às demais categorias. Os veículos pesados, mesmo em menor quantidade, são os responsáveis pela emissão da maior parte do MP (99%) e NO_x (93%). O N₂O é emitido de forma parecida por leves e pesados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Santa Catarina apresenta uma das maiores frotas de veículos do país, com predomínio de veículos leves equivalentes a 59% da frota total. Recorrente a essa problemática as emissões veiculares provenientes desse estado têm um impacto considerável nas emissões atmosféricas. Os municípios catarinenses possuem um perfil de emissão semelhante, quando comparadas as emissões das diferentes categorias de veículos. No entanto, é possível observar que existem cidades que emitem poluentes em ordem de grandeza muito maior que outras. Os automóveis são os principais responsáveis pela emissão de CO (74%) e HC (57%), enquanto os veículos pesados representam apenas 5% da frota total, e são os principais emissores de NO_x (93%) e MP (99%).

Os resultados obtidos e as comparações realizadas reforçam a importância da elaboração de inventários de emissões veiculares. Essa ferramenta estratégica de gestão ambiental pode ser utilizada em diversos modelos, trabalhos e estudos para adotar medidas necessárias de intervenção e controle para alcançar os padrões da qualidade do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, E.M.P., Costa, R.R., Braga, A.A., Miranda, M., Nascimento, NC do, Saldiva, P.H.N.. Monitoramento Da Qualidade Do Ar No Brasil. Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014. Instituto Saúde e Sustentabilidade, São Paulo, p. 100.
2. BRASIL. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. (Org.). BOLETIM ESTATÍSTICO - CNT - DEZEMBRO 2016.20171. ed. Brasília: Brasil, 2016. 1 p. Disponível em: <[http://cms.cnt.org.br/Imagens CNT/BOLETIM ESTATÍSTICO/BOLETIM ESTATÍSTICO 2016/Boletim Estatístico - 12 - 2016.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens/CNT/BOLETIM%20ESTATISTICO/BOLETIM%20ESTATISTICO%202016/Boletim%20Estatistico%20-%2012%20-%202016.pdf)>.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 15/1995. Estabelece nova classificação de veículos automotores, para o controle de emissão veicular de gases, material particulado e evaporativa, considerando os veículos importados.
4. BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Veículos automotores emitem menos poluentes. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informmma/item/10195-ve%C3%ADculos-automotores-emitem-menos-poluente>> Acesso 27 set. 2018.
5. BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Qualidade do Ar. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 8 out de 2018.
6. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade do ar no Estado de São Paulo. Série relatórios. 2016.
7. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sc>. >Acesso 27 set. 2018.
8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Frota de veículos (2016). Disponível em : < <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos> >. Acesso em: 20 set. 2018.
9. TEIXEIRA, Elba Calesso; FELTES, Sabrina; SANTANA, Eduardo Rodrigo Ramos de. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Química Nova, v. 31, n. 2, p. 244-248, 2008.
10. UEDA, Ana Cláudia; TOMAZ, Edson. Inventário de emissão de fontes veiculares da região metropolitana de campinas, São Paulo. Quim Nova, v. 34, n. 9, p. 1496-500, 2011.
11. WHO. Air Quality Guidelines: Global Update 2005WHO. [s.l: s.n.].