

Indicador 6.3 - Emissões de poluentes locais per capita

Descrição:

Estimativa top-down das emissões anuais de poluentes locais do transporte rodoviário por habitante, desagregada em 5 diferentes poluentes - Monóxido de Carbono (gCO/hab); Óxidos de Nitrogênio (gNOx/hab); Hidrocarbonetos Não-Metano (gNMHC/hab); Aldeídos (gRCHO/hab); material particulado gerado na queima de combustíveis (gMP-comb/hab).

Fonte:

Agência Nacional de Petróleo (ANP)

IBGE [Estimativa da população por município]

MMA [Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários]

A poluição do ar nos grandes centros urbanos pode ter graves implicações na saúde da população. “Segundo a Organização Mundial da Saúde, as altas concentrações de poluentes na atmosfera situam-se entre as principais causas de problemas respiratórios e cardiovasculares” (BRASIL, 2015, p.92).

Enquanto impacto na saúde humana, de acordo com Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016), destacam-se os efeitos nocivos de cinco principais poluentes. O monóxido de carbono tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo, durante o processo de respiração. Em baixa concentração causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar à asfixia e morte. Altas concentrações de óxidos de nitrogênio podem levar ao aumento de internações hospitalares, decorrente de problemas respiratórios, problemas pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alergênicos. No ambiente pode levar à formação de smog fotoquímico e a chuvas ácidas. Os hidrocarbonetos não-metano são precursores para a formação do ozônio troposférico. Com relação aos aldeídos, os principais efeitos na saúde humana estão relacionados à irritação das mucosas, dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral, a crises asmáticas e os aldeídos são ainda compostos carcinogênicos potenciais. Os principais efeitos relatados do material particulado sobre a saúde incluem câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma, aumento de internações hospitalares e morte.

Segundo projeções feitas pelo Plano Setorial de Transportes e da Mobilidade Urbana para a Mitigação e Adaptação da Mudança do Clima (PSTM), elaborado pelos Ministérios dos Transportes e das Cidades (MT&MCID, 2013), o setor de transportes tem se revelado como um dos principais vetores da poluição atmosférica, uma vez que os transportes emitem vários poluentes de efeito local como óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), aldeídos etc. – que se relacionam diretamente com os efeitos negativos à saúde humana.

Para identificar a emissão de poluentes locais a partir da queima de combustíveis líquidos, foram utilizados novamente os dados de venda de combustíveis líquidos (etanol hidratado, gasolina C e óleo diesel), divulgados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Neste trabalho foi calculada a emissão de 5 poluentes:

- 6.3.A - gCO/hab – Monóxido de Carbono per capita (em gramas por ano);
- 6.3.B - gNOx/hab – Óxidos de Nitrogênio per capita (em gramas por ano);
- 6.3.C - gNMHC/hab - Hidrocarbonetos Não-Metano per capita (em gramas por ano);
- 6.3.D - gRCHO/hab – Aldeídos per capita (em gramas por ano);
- 6.3.E - gMPcomb/hab - material particulado gerado na queima de combustíveis (em gramas por ano).

O cálculo seguiu a mesma lógica utilizada para Gases de Efeito Estufa: multiplicou-se o volume de vendas per capita de cada um dos três combustíveis analisados no ano pelo fator de emissão de cada um dos cinco gases associadas à queima de cada um dos três combustíveis no ano, definido pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-base 2012, do Ministério do Meio Ambiente. Ao final, somou-se o total emitido por cada um dos três combustíveis para cada gás.

Cabe destacar aqui, que as emissões de poluentes locais dependem do perfil da frota. Quanto mais nova a frota, menor os níveis de emissões. Isso pode ser explicado principalmente devido ao Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), instituído pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 1986, que reduziu de forma gradativa os limites máximos unitários de emissão de poluentes locais.

Desse modo, ao contrário da emissão de gases de efeito estufa, que apresentaram crescimento nos últimos anos, os poluentes locais apresentaram queda.

Poluente	2010	2011	2012	2013	2014
gCO/hab	7.599	7.009	6.559	5.888	5.547
gNOx/hab	7.159	7.075	6.952	6.379	5.925
gNMHC/hab	1.340	1.247	1.177	1.069	1.010
gRCHO/hab	26,2	21,5	19,5	18,7	18,6
gMPcomb/hab	281	263	246	217	189

Tabela 15. Emissão de poluentes locais por habitante a partir da venda de combustíveis líquidos – Brasil. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

Já os dados por Região e por porte populacional, seguem a mesma lógica de emissão dos gases de efeito estufa, ou seja, a região Nordeste segue como a que menos emite poluentes por habitantes, enquanto Sul e Centro-Oeste são as regiões que mais emitem poluentes por habitante. A exceção é para a emissão de Aldeídos per capita (gRCHO/hab). Para este poluente, a região Sudeste polui mais que região Sul. Isto ocorre porque o etanol, mais usado na região Sudeste, emite mais aldeídos que outros combustíveis.

A seguir estão apresentados os resultados dos cálculos de emissões de cada poluente, considerando as regiões do Brasil e os portes populacionais.

6.3.A – Emissões de Monóxido de Carbono per capita (gCO/hab)

	2010	2011	2012	2013	2014
Norte	5.949	5.401	5.184	4.677	4.436
Nordeste	4.468	4.142	4.060	3.714	3.600
Centro-Oeste	10.193	9.314	8.966	8.154	7.636
Sudeste	8.560	8.007	7.291	6.469	6.030
Sul	10.512	9.443	8.879	7.983	7.513

Tabela 16. **Emissão de poluentes locais (gCO) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por região. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades

	2010	2011	2012	2013	2014
Até 60 mil	5.893	5.449	5.305	4.785	4.519
De 60 a 100 mil	7.543	7.105	6.831	6.212	5.902
De 100 a 250 mil	8.322	7.713	7.232	6.429	5.839
De 250 a 500 mil	8.633	7.916	7.280	6.575	6.796
De 500 mil a 1 milhão	8.758	8.452	7.791	6.925	6.001
Mais de 1 milhão	9.131	8.175	7.316	6.487	6.165

Tabela 17. **Emissão de poluentes locais (gCO) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por porte populacional. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

6.3.B – Emissões de Óxidos de Nitrogênio per capita (gNOx/hab)

	2010	2011	2012	2013	2014
Norte	8.249	8.234	8.169	7.338	6.849
Nordeste	4.046	4.020	4.103	3.784	3.650
Centro-Oeste	10.977	10.849	11.218	10.732	10.011
Sudeste	7.518	7.404	7.113	6.435	5.865
Sul	9.611	9.464	9.134	8.459	7.860

Tabela 18. **Emissão de poluentes locais (gNOx) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por região. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

	2010	2011	2012	2013	2014
Até 60 mil	7.524	7.525	7.662	7.021	6.484
De 60 a 100 mil	8.819	9.166	8.985	8.414	7.859
De 100 a 250 mil	8.308	7.971	7.955	7.277	6.583
De 250 a 500 mil	7.770	7.555	7.163	6.607	6.609
De 500 mil a 1 milhão	6.600	6.734	6.565	6.005	5.164
Mais de 1 milhão	4.995	4.788	4.337	3.949	3.662

Tabela 19. **Emissão de poluentes locais (gNOx) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

6.3.C – Emissões de Hidrocarbonetos Não-Metano per capita (gNMHC/hab)

	2010	2011	2012	2013	2014
Norte	1.090	1.004	966	869	819
Nordeste	763	716	708	651	631
Centro-Oeste	1.845	1.707	1.664	1.541	1.445
Sudeste	1.525	1.431	1.316	1.184	1.111
Sul	1.807	1.645	1.561	1.421	1.338

Tabela 20. **Emissão de poluentes locais (gNMHC) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por região. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

	2010	2011	2012	2013	2014
Até 60 mil	1.092	1.021	998	906	852
De 60 a 100 mil	1.370	1.311	1.262	1.159	1.100
De 100 a 250 mil	1.482	1.379	1.306	1.175	1.072
De 250 a 500 mil	1.514	1.397	1.295	1.182	1.225
De 500 mil a 1 milhão	1.503	1.461	1.364	1.232	1.076
Mais de 1 milhão	1.511	1.365	1.234	1.114	1.067

Tabela 21. **Emissão de poluentes locais (gNMHC) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por porte populacional. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

6.3.D – Emissões de Aldeídos per capita (gRCHO/hab)

	2010	2011	2012	2013	2014
Norte	11,7	10,1	9,5	8,9	8,8
Nordeste	12,1	9,9	9,3	8,7	8,8
Centro-Oeste	35,6	29,8	28,0	27,9	27,4
Sudeste	35,6	29,6	25,9	24,7	24,8
Sul	29,7	23,2	21,9	21,2	20,9

Tabela 22. **Emissão de poluentes locais (gRCHO) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por região. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

	2010	2011	2012	2013	2014
Até 60 mil	17,9	15,1	14,1	13,4	13,4
De 60 a 100 mil	22,9	19,5	18,3	17,6	17,8
De 100 a 250 mil	28,6	24,0	21,4	20,4	19,7
De 250 a 500 mil	30,5	24,8	22,3	21,1	23,4
De 500 mil a 1 milhão	32,9	28,1	25,1	24,2	22,4
Mais de 1 milhão	35,6	27,7	24,2	23,2	23,2

Tabela 23. **Emissão de poluentes locais (gRCHO) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

6.3.E – Emissões de material particulado gerado na queima de combustíveis (gMPcomb/hab)

	2010	2011	2012	2013	2014
Norte	331	313	294	254	223
Nordeste	159	150	145	129	117
Centro-Oeste	434	406	399	367	322
Sudeste	292	273	250	217	186
Sul	377	353	323	288	251

Tabela 24. **Emissão de poluentes locais (gMPcomb) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos – por região. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

	2010	2011	2012	2013	2014
Até 60 mil	300	284	275	242	210
De 60 a 100 mil	351	345	321	289	253
De 100 a 250 mil	327	297	282	248	211
De 250 a 500 mil	304	280	252	223	210
De 500 mil a 1 milhão	254	247	229	201	163
Mais de 1 milhão	186	171	147	129	112

Tabela 25. **Emissão de poluentes locais (gMPcomb) por habitante** a partir da venda de combustíveis líquidos. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Elaboração: Ministério das Cidades.

A emissão de poluentes identificada, tanto de Gases de Efeito Estufa quanto de poluentes locais, reforça a necessidade em se investir em energia renovável e priorizar o transporte público e os transportes ativos nos deslocamentos diários nas cidades. Com uma maior eficiência energética da próxima geração de veículos, através de energias limpas, menos poluentes, aliada a uma redução do uso do transporte individual motorizado, será possível uma diminuição da emissão de poluentes.

Fatores de emissão para o cálculo dos indicadores 6.2 e 6.3								
Combustível	Gás/Partícula	Unidade	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gasolina C	CO ₂ e	kgCO ₂ e/L	2,158	2,163	2,160	2,185	2,159	2,148
Etanol Hidratado	CO ₂ e	kgCO ₂ e/L	0,047	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
Diesel	CO ₂ e	kgCO ₂ e/L	2,665	2,663	2,662	2,662	2,662	2,662
Gasolina C	CO	gCO/L	44,478	36,089	28,412	23,992	21,248	18,899
Etanol Hidratado	CO	gCO/L	10,705	9,514	10,140	9,366	7,539	6,695
Diesel	CO	gCO/L	4,942	4,675	4,407	4,088	3,686	3,336
Gasolina C	NO _x	gNO _x /L	3,422	2,858	2,327	2,024	1,842	1,680
Etanol Hidratado	NO _x	gNO _x /L	1,229	1,100	1,129	1,041	0,864	0,772
Diesel	NO _x	gNO _x /L	27,158	25,695	24,250	22,527	20,443	18,627
Gasolina C	NMHC	gNMHC/L	6,039	5,038	4,125	3,575	3,211	2,889
Etanol Hidratado	NMHC	gNMHC/L	2,504	2,250	2,350	2,213	1,889	1,735
Diesel	NMHC	gNMHC/L	1,606	1,452	1,301	1,160	1,022	0,904
Gasolina C	RCHO	gRCHO/L	0,090	0,075	0,062	0,054	0,049	0,045
Etanol Hidratado	RCHO	gRCHO/L	0,203	0,183	0,179	0,166	0,146	0,136
Diesel	RCHO	gRCHO/L	-	-	-	-	-	-
Gasolina C	MPcomb	gMPcomb/L	0,051	0,044	0,037	0,034	0,032	0,030
Etanol Hidratado	MPcomb	gMPcomb/L	-	-	-	-	-	-
Diesel	MPcomb	gMPcomb/L	1,185	1,062	0,944	0,829	0,722	0,618

Fatores de emissão de poluentes para cada combustível líquido por ano. Fonte Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013; MMA. Elaboração: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA).

6.3 Emissões de poluentes locais per capita



Eixo temático

Sustentabilidade ambiental

Definição

Estimativa top-down das emissões anuais de poluentes locais do transporte rodoviário por habitante, desagregada em 5 diferentes poluentes - Monóxido de Carbono (gCO/hab); Óxidos de Nitrogênio (gNOx/hab); Hidrocarbonetos Não-Metano (gNMHC/hab); Aldeídos (gRCHO/hab); material particulado gerado na queima de combustíveis (gMPcomb/hab).

Fórmula

Soma para todos os combustíveis do resultado das expressões abaixo:

$$E_{\text{poluente local}} = Fe_{\text{poluente local}} \times V_{\text{poluente local}}$$

Onde:

- $V_{\text{poluente local}}$: vendas per capita do combustível c no ano t (L/ano/hab)
- $E_{\text{poluente local}}$: emissões per capita do poluente local em análise associadas à queima do combustível c no ano t (g/hab/ano)
- $Fe_{\text{poluente local}}$: fator de emissão do poluente local em análise associado à queima do combustível c no ano t (g/L)

Unidade

g/hab/ano

Relevância

“A poluição do ar nos grandes centros urbanos tem implicações graves na saúde da população, especialmente em crianças, idosos e portadores de doenças do aparelho respiratório, como a asma e a insuficiência respiratória. O monitoramento do ar nas áreas urbanas fornece informações sistemáticas sobre a qualidade do ambiente, subsidiando ações de fiscalização, controle e gestão da qualidade do ar, tais como a melhoria dos transportes públicos e a introdução de tecnologias menos poluentes (IBGE, 2004).” (COSTA, 2008, p.43)

“Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005), as altas concentrações de poluentes na atmosfera situam-se entre as principais causas de problemas respiratórios e cardiovasculares. No Brasil, estudos reforçam o papel da poluição do ar como vetor dos problemas de saúde pública, com maiores custos sobre o sistema de saúde do País” (OLMO et al., 2011; MIRANDA et al., 2012)” (BRASIL, 2015, p.92)

O Caderno de Referência para Elaboração do Plano de Mobilidade (BRASIL, 2015) destaca que o setor de transportes tem se revelado como o principal vetor da poluição atmosférica, uma vez que estes emitem vários poluentes de efeito local como óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), aldeídos etc. – que se relacionam diretamente com os efeitos negativos à saúde humana. Considerando os diversos efeitos diretos sobre a saúde da população, justifica-se a importância do monitoramento desse indicador.

Limitações

A venda de combustível em um município não necessariamente representa o consumo de combustível no local (o que é comercializado internamente pode ser consumido fora e o que é comercializado fora pode ser consumido internamente).

Trata-se de uma estimativa simplificada (abordagem top-down), na qual aplica-se um fator de emissão médio dependente exclusivamente do combustível, não considerando especificidades da frota circulante do município (ano de fabricação, categoria, fase PROCONVE do motor, entre outras).

Método de cálculo

- Multiplicar as vendas de cada combustível pelo fator de emissão específico para o ano de referência.
- Soma do produto entre vendas per capita e fator de emissão para todos os combustíveis no ano de referência.

Dados

- Litros de combustível comercializado no município no ano de referência. Fonte: ANP
- Estimativa da população no município no ano de referência. Fonte: IBGE
- Fatores de emissão de CO para cada combustível (etanol hidratado, gasolina C, óleo diesel). Fonte: MMA/IEMA
- Fatores de emissão de NOx para cada combustível (etanol hidratado, gasolina C, óleo diesel). Fonte: MMA/IEMA
- Fatores de emissão de NMHC para cada combustível (etanol hidratado, gasolina C, óleo diesel e GNV). Fonte: MMA/IEMA
- Fatores de emissão de RCHO para cada combustível (etanol hidratado, gasolina C e GNV). Fonte: MMA/IEMA
- Fatores de emissão de RCHO para cada combustível (gasolina C e óleo diesel). Fonte: MMA/IEMA

Valor de referência

Em levantamento.

Periodicidade

Anual/Mensal

Ano da última medição

2014

Abrangência

Municípios que a ANP possui dados de vendas de combustíveis

Desagregação

Municipal

Referência bibliográfica

BRASIL. Ministério das Cidades. Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade. Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-base 2012. Brasília, 2014.

COSTA, M. S. Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

Observações

Cada poluente local foi analisado separadamente de acordo com o descrito abaixo:

- CO: monóxido de carbono (indicador 6.3.A)
- NOx: óxidos de nitrogênio (indicador 6.3.B)
- NMHC: hidrocarbonetos não-metano (indicador 6.3.C)
- RCHO: aldeídos (indicador 6.3.D)
- MPcomb: material particulado gerado na queima de combustíveis (indicador 6.3.E)