

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS METODOLOGIAS DA EPA E IPCC PARA INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA REFERENTES AO SETOR ENERGÉTICO/VEICULAR: O CASO DO MUNICÍPIO DE IRATI (PR)

Maria Isabel Coltro Crovador; Bruno Binotto Nogueira; Waldir Nagel Schirmer

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-oeste; mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil. Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-oeste, Irati-PR, Brasil. Engenheiro químico, doutor em Engenharia Ambiental, Prof. adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-oeste, Irati-PR, Brasil.

Resumo - Este trabalho teve como objetivo comparar quantitativamente duas metodologias de inventário de gases de efeito estufa (GEE): as metodologias propostas pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) e pela EPA (United States Environmental Protection Agency). Foi objeto para tal comparação o Inventário das Emissões de GEE do Município de Irati, Paraná, ano base de 2005, no qual foi selecionado para estudo o setor energético, item "veicular". Foi escolhido este item por se tratar de um dos mais significativos em termos de quantidade de emissões, fato observado em inventários tais como o do Município de Irati, Rio de Janeiro e São Paulo. Analisar comparativamente a metodologia do IPCC e da EPA se justifica pela importância de se inventariar emissões, porém tomando-se os cuidados para não incorrer em subestimativas ou superestimativas, procurando apontar de forma coerente os patamares de emissões de dióxido de carbono para direcionar eficiente e eficazmente as medidas mitigadoras. Como as metodologias abordam diferentes fatores de emissão e mecanismos de cálculo, é evidente que os resultados de inventário dificilmente serão iguais. Assim, este trabalho objetivou calcular as emissões veiculares segundo as duas metodologias em questão, utilizando os mesmos valores de consumo, para identificar possíveis discrepâncias entre resultados. Verificou-se uma diferença muito significativa: pelo método EPA foram obtidos 259.680.000 toneladas de CO₂ e, pelo método do IPCC, 525.418 toneladas de CO₂. Não se pode afirmar que existem erros de estimativa, mas os resultados apontam que ainda não é consenso a forma como se deve tratar das emissões de GEE.

Palavras-Chave: Dióxido de carbono. Efeito estufa. Emissões veiculares. Poluição atmosférica.

Abstract- This study aimed to compare quantitatively two methodologies for inventory of greenhouse gases (GHGs): the methodologies proposed by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) and EPA (United States Environmental Protection Agency). The focus to such a comparison was the inventory of GHG emissions of Irati City, Parana State, base year of 2005 in which an item was selected for study: the energy use, "vehicular" item. This step was chosen because it was one of the most significant in terms of quantity of emissions, a fact noted in inventories as the inventory of Irati City, and other ones, as Rio de Janeiro and São Paulo. The comparative analysis of IPCC and EPA methods is justified by the importance of inventorying emissions, but taking care not to incur an underestimation or overestimation, trying to point consistently to the levels of carbon dioxide emissions to address efficiently and effectively mitigation actions. Since the methodologies use different emission factors and calculation mechanisms, it is evident that the inventory results difficultly are going to be similar. So, this study aimed to calculate vehicle emissions under the two methods in question, using the same values of consumption, to identify possible discrepancies

between results. There was a very significant difference: by the EPA method were obtained 259,680,000 tons of CO₂, and by the method of the IPCC, 525,418 tons of CO₂. It's not possible to say that there are errors in the estimate, but the results show that it is not yet consensus on how we should deal with GHG emissions.

Keyword: Atmospheric pollution; carbon dioxide; greenhouse effect; vehicle emissions.

1. INTRODUÇÃO

O tema “efeito estufa” é objeto de discussão e preocupação da sociedade moderna, seja informal ou cientificamente. O que ainda desponta como dúvida é a relevância que podemos atribuir ao assunto, se a influência antropogênica é de fato significativa ou se os ciclos climáticos seguem seu curso independentemente dos padrões de consumo humanos.

As emissões dos gases de efeito estufa sempre ocorreram, de modo natural, em processos tais como erupções vulcânicas e queimadas naturais de florestas, mas em concentrações nas quais ainda se tornava possível a autodepuração natural pelo solo, ar e recursos hídricos (BRANCO e MURGEL, 2004). Porém, desde a Revolução Industrial, as emissões antropogênicas desses gases vêm aumentando progressivamente, intensificando o processo de aquecimento do planeta (RITTL et al., 2006; IPCC, 2007). Essas emissões são provenientes da queima de combustíveis fósseis, do uso de fertilizantes, da disposição inadequada de resíduos sólidos, do desmatamento de florestas e substituição por pastagens, dentre outros diversos emissores de poluentes, potencializadores do efeito estufa, que atuam diretamente no agravamento da questão do aquecimento global.

A preocupação com a potencialização do efeito estufa e possíveis mudanças climáticas é real, tem escala global e culminou em acordos internacionais que visam controlar estes processos, tais como o Protocolo de Quioto, que foi decorrente da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima traz em seu Anexo I uma lista de países desenvolvidos (vindo daí a denominação de países do Anexo I), sendo atribuídas a estes as maiores emissões dos gases de efeito estufa. Esses países, segundo este documento, deveriam liderar o combate ao aquecimento global e reduzir suas emissões antrópicas de gases de efeito estufa até o ano 2000, segundo uma meta de redução de 5,2% abaixo dos níveis de 1990 (BRASIL, 2004a).

Mesmo que não haja metas de redução de emissões para países “não-Anexo I”, tais como o Brasil, considerados menos poluidores, todas as esferas governamentais, empresariais e de pesquisa podem e devem atuar no sentido de reduzir as emissões, utilizar e desenvolver energias limpas e aproveitar as oportunidades de mercado

advindas do Protocolo de Quioto. Porém, para reduzir emissões ou comercializar créditos de carbono é preciso, previamente, quantificar essas emissões, o que pode ser feito por meio de um inventário de gases de efeito estufa.

O Município de Irati, situado no interior paranaense, a 150 quilômetros de Curitiba, é um dos primeiros municípios do Estado a realizar o inventário de suas emissões. O escopo do referido inventário envolveu as emissões de gases de efeito estufa referentes ao setor uso de energia, especificamente relacionadas às emissões veiculares utilizando-se, para tanto, das metodologias do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). O presente trabalho buscou comparar as quantitativamente ambas as metodologias, em termos de resultados em toneladas de CO₂, utilizando os mesmos dados de consumo de combustíveis para o item “veicular”, setor “uso de energia”. Com os resultados obtidos por meio de cada metodologia foi possível identificar diferenças, avaliar se estas são ou não relevantes, e se eventuais discrepâncias podem comprometer a confiabilidade dos resultados.

Ainda, buscou-se com as diferenças apontadas na comparação entender a importância relativa que cada país, órgão, município ou organizações privadas atribuem às emissões potencializadoras do efeito estufa, com uma análise meramente subjetiva, dada a complexidade do tema, que envolve sistemas climáticos, padrões de consumo, desenvolvimento econômico, projeções populacionais, dentre outros fatores intervenientes na evolução do processo de efeito estufa e aquecimento global.

2 METODOLOGIA

Para a realização da análise comparativa das metodologias da EPA e IPCC foram utilizados os dados de consumo energético levantados no inventário das emissões de GEE do Município de Irati, para o ano de 2005, conforme detalhado a seguir.

2.1. Uso de energia – veicular: método do IPCC

Num primeiro momento, para o cálculo das emissões veiculares, fez-se uso da metodologia

proposta pelo IPCC (2006) em seu guia para inventário nacional de emissões. Utilizou-se ainda, como apoio, a Comunicação Inicial do Brasil referente ao Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (BRASIL, 2004b) e o Relatório de Referência da Queima de Combustíveis (BRASIL, 2006), além dos relatórios dos inventários municipais das cidades do Rio de Janeiro (CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ, 2000) e São Paulo (CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ, 2005).

Adaptações ao método proposto pelo IPCC foram necessárias, visto que este se aplica mais especificamente a inventários nacionais, embora possam ser aplicados em escala estadual e municipal.

Neste trabalho foi utilizada a abordagem “top-down”, emissões de dióxido de carbono provenientes da queima de energia primária sem considerar o tipo de equipamento utilizado e seu rendimento (CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ, 2005). Foram utilizados fatores de emissão default ou tier 1 (valores default propostos pelo IPCC) e valores nacionais ou tier 2 (valores nacionais ou estaduais) (KRUG, 2008).

Segue o roteiro de cálculo para a metodologia do IPCC, setor energético:

a) Determinação do consumo aparente dos combustíveis (CA)

$$- CA = \alpha + \beta - x - \delta - E \quad (1)$$

em que:

- α = produção anual doméstica de energia primária, em unidade original
- β = importação anual de energia primária e secundária, em unidade original
- x = exportação anual de energia primária e secundária, em unidade original
- δ = energia anualmente embarcada nos bunkers internacionais, em unidade original
- E = variação anual dos estoques de energia, em unidade original

b) Conversão para uma unidade comum de energia, o terajoule (TJ)

$$- \text{Consumo} \times \text{fator de conversão em tEP por unidade do combustível} \quad (2)$$

sendo:

- tEP = tonelada equivalente de petróleo
- 1 TJ = 10^{12} J
- 1 tEP padrão = $41,868 \times 10^{-3}$ TJ
- PCI = poder calorífico inferior

$$- CC = CA \times 41,868 \times 10^{-3} \times F_{conv} \quad (3)$$

em que:

- CC = consumo de energia (TJ)
- CA = consumo aparente do combustível em unidades físicas
- $41,868 \times 10^{-3}$ TJ = 1 tEP brasileiro
- F_{conv} = fator de conversão (tEP/unidade física) da unidade física para tEP médio

c) Transformação do consumo aparente de cada combustível em conteúdo de carbono

$$- QC = CC \times F_{emiss} \quad (4)$$

onde:

- QC = quantidade de carbono, em tC
- CC = consumo de energia, em TJ
- F_{emiss} = fator de emissão de carbono (tC/TJ)

d) Determinação da fração de carbono estocado ou fixado

Quando o petróleo se torna matéria-prima na manufatura de produtos não energéticos, o carbono torna-se fixado. Como exemplo, pode-se citar o asfalto e plásticos.

$$- QCF = QC \times FC_{Fix} \quad (5)$$

onde:

- QCF = quantidade de carbono fixado em tC
- QC = quantidade de carbono no combustível em tC
- FC_{Fix} = fração de carbono fixado (adimensional)

e) Determinação das emissões líquidas de carbono

$$- ELC = QC - QCF \quad (6)$$

em que:

- ELC = emissões líquidas de carbono (GgC)
- QC = quantidade de carbono no combustível (GgC)
- QCF = quantidade de carbono fixado (GgC)

f) Correção dos valores, considerando a combustão incompleta

Uma parte de carbono sempre fica inoxidada, incorporada às cinzas ou a outros subprodutos.

$$- ERC = ELC \times FCO \quad (7)$$

onde:

- ERC = emissões reais de carbono em GgC
- ELC = emissões líquidas de carbono em GgC
- FCO = fração de carbono oxidada (adimensional)

g) Determinação das emissões reais de CO₂

Para converter as emissões de carbono para CO₂ deve-se multiplicar as emissões em termos de carbono pela razão entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono, ou seja, 44/12. Assim, em 44 toneladas de CO₂ há 12 toneladas de carbono.

$$- ERCO_2 = ERC \times (44/12) \quad (8)$$

sendo:

- ERCO₂ = emissões reais de CO₂ em tCO₂
- ERC = emissões reais de carbono em tC
- 1tCO₂ = (44/12)tC ou 0,2727 tC
- 1 Gg = kt (1000 toneladas)

2.2 Uso de energia – veicular: método da EPA

Tabela 1 - Frota de Veículos por tipo de combustível no município de Itaiti
Fonte: DETRAN-PR (DETRAN, 2005)

Combustível	Toneladas
Etanol	2.048
Etanol/Gasolina (flex)*	306
Diesel	2.050
Gasol/gás Natural veicular	3
Gasolina	11.300
Outra	512
Total geral	16.219

N/A - Veículos Reboque e sem I-reboque (não utilizam combustível).
* Para efeito de cálculo os veículos de motorização "flex" foram somados aos veículos exclusivos em etanol, considerando-se que a maioria dos carros "flex" na época eram abastecidos com etanol devido a preço muito inferior ao da gasolina.

Nesta etapa foram calculadas as emissões veiculares com base na metodologia de inventários

da United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2000), a Agência Americana de Proteção Ambiental. Foram necessárias algumas adaptações na metodologia citada anteriormente, devido a dificuldades na obtenção dos dados referentes à autonomia, fatores de emissão, distribuição e consumo de combustíveis e frota de veículos.

Tabela 2 - Distribuição de etanol e derivados do petróleo segundo capacidade nominal de armazenamento para a Região Sul

Fonte: ANP/SAB, conforme as Portarias ANP n.º 19/99 e n.º 202/99, de acordo com ANP (2006a).

Dados de consumo para a Região Sul	Quantidade de bases de distribuição	Capacidade nominal de armazenamento (m ³)	
		Derivados de petróleo (exceto GLP)	Etanol*
Região Sul	129	600.758	109.558
Paraná	69	397.761	75.849
Santa Catarina	22	11.786	4.548
Rio Grande do Sul	38	191.211	29.162

* Foram adotados os dados de capacidade de armazenamento das distribuidoras do estado, fornecido pelo anuário de 2005 da ANP. Por não conter os dados de consumo, foi levado em consideração que as distribuidoras venderam 100% da sua capacidade (ANP, 2006c).

Tabela 3 - Vendas de gasolina comum, pelas distribuidoras, para a Região Sul (anos-base 1996 a 2005)

Fonte: ANP/SAB, conforme a Portaria CNP n.º 221/01, segundo ANP (2006b).

Dados para a Região Sul	Vendas de gasolina comum pelas distribuidoras (mil m ³)									
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Região Sul	3.957	4.253	4.655	4.662	4.585	4.436	4.503	4.480	4.870	4.976
Paraná	1.314	1.407	1.603	1.621	1.583	1.477	1.435	1.480	1.581	1.716
Santa Catarina	924	992	1.071	1.083	1.088	1.100	1.103	1.185	1.325	1.353
Rio Grande do Sul	1.719	1.853	1.980	1.957	1.913	1.859	1.885	1.815	1.964	1.907

Nota: Incluiu consumo próprio das companhias distribuidoras.

Tabela 4 - Vendas de óleo diesel, pelas distribuidoras para a Região Sul (anos-base 1996 a 2005)

Fonte: ANP/SAB, conforme a Portaria CNP n.º 221/01, segundo ANP (2006c).

Dados de venda para a Região Sul	Vendas de óleo diesel pelas distribuidoras (mil m ³)									
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Região Sul	6.217	6.435	6.737	6.993	7.141	7.567	7.750	7.759	8.121	7.804
Paraná	2.792	2.910	3.004	2.980	3.032	3.229	3.353	3.450	3.602	3.517
Santa Catarina	1.229	1.267	1.339	1.486	1.533	1.620	1.719	1.689	1.778	1.806
Rio Grande do Sul	2.195	2.258	2.393	2.527	2.575	2.718	2.678	2.640	2.741	2.481

Nota: Incluiu consumo próprio das companhias distribuidoras.

Tabela 5 - Fatores de Emissão (g/Km) e autonomia (Km/L) para gasolina comum por tipo de poluente de veículos fabricados desde antes de 1980 a 2005

Fonte: CETESB (2003)

ANO/MODELO	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NOx (g/Km)	RHCO* (g/Km)	CO2 (g/Km)	Autonomia (Km/L)
pré-1980	54	4,7	1,2	0,05	Nd**	Nd
1980-1993	33	3	1,4	0,05	Nd	Nd
1984-1985	28	2,4	1,6	0,05	Nd	Nd
1986-1987	22	2	1,9	0,04	Nd	Nd
1988	18,5	1,7	1,8	0,04	Nd	Nd
1989	15,2	1,6	1,6	0,04	Nd	Nd
1990	13,3	1,4	1,4	0,04	Nd	Nd
1991	11,5	1,3	1,3	0,04	Nd	Nd
1992	6,2	0,6	0,6	0,013	Nd	Nd
1993	6,3	0,6	0,8	0,022	Nd	Nd
1994	6	0,6	0,7	0,036	Nd	Nd
1995	4,7	0,6	0,6	0,025	Nd	Nd
1996	3,8	0,4	0,5	0,019	Nd	Nd
1997	1,2	0,2	0,3	0,007	Nd	Nd
1998	0,79	0,14	0,23	0,004	Nd	Nd
1999	0,74	0,14	0,23	0,004	Nd	Nd
2000	0,73	0,13	0,21	0,004	Nd	Nd
2001	0,48	0,11	0,14	0,004	Nd	Nd
2002	0,43	0,11	0,12	0,004	198	10,9
2003	0,4	0,11	0,12	0,004	194	11,2
2004	0,35	0,11	0,09	0,004	190	11,4
2005	0,34	0,1	0,09	0,004	192	11,3

* O valor "R" significa radical orgânico e HC significa grupo químico dos hidrocarbonetos.
 ** "Nd" significa que não havia dados apurados em relação a fatores de emissão e autonomia para os anos em questão.

Com os dados da frota de veículos da cidade

(Tabela 1) obtidos junto ao DETRAN-PR (DETRAN, 2005), consumo de combustíveis do Paraná (Tabelas 2 a 4), conforme a ANP (ANP, 2006a, 2006b, 2006c), fatores de emissão dos poluentes, por tipo de combustível (NOx, CO, CO2, HC e RCHO) e autonomia dos veículos conforme Tabelas 5 e 6 (CETESB, 2009), foi estimado o consumo de combustíveis.

Tabela 6 - Fatores de Emissão (g/Km) e autonomia (Km/L) para etanol por tipo de poluente de veículos fabricados desde antes de 1980 a 2005

Fonte: CETESB (2009)

ANO/MODELO	CO	HC	NOx	RHCO	CO2	Autonomia (Km/L)
1980-1983	18	1,6	1	0,16	Nd	Nd
1984-1985	16	1,6	1,2	0,18	Nd	Nd
1986-1987	16	1,6	1,8	0,11	Nd	Nd
1988	13,3	1,7	1,4	0,11	Nd	Nd
1989	12,8	1,6	1,1	0,11	Nd	Nd
1990	10,8	1,3	1,2	0,11	Nd	Nd
1991	8,4	1,1	1	0,11	Nd	Nd
1992	3,6	0,6	0,5	0,035	Nd	Nd
1993	4,2	0,7	0,6	0,04	Nd	Nd
1994	4,6	0,7	0,7	0,042	Nd	Nd
1995	4,6	0,7	0,7	0,042	Nd	Nd
1996	3,9	0,6	0,7	0,04	Nd	Nd
1997	0,9	0,3	0,3	0,012	Nd	Nd
1998	0,67	0,19	0,24	0,14	Nd	Nd
1999	0,6	0,17	0,22	0,13	Nd	Nd
2000	0,53	0,18	0,21	0,14	Nd	Nd
2001	0,56	0,15	0,08	0,017	Nd	Nd
2002	0,74	0,16	0,08	0,017	191	7,2
2003	0,77	0,16	0,09	0,019	183	7,5
2004	0,82	0,17	0,08	0,016	160	8,5
2005	0,82	0,17	0,08	0,016	160	8,5

Neste caso, fez-se uma média aritmética dos valores dos fatores de emissão (Fe) de cada um dos poluentes supracitados desde antes de 1980 a 2005, bem como da autonomia dos veículos leves movidos à gasolina comum (Tabela 5) e Etanol (Tabela 6) como adaptação à metodologia utilizada no presente inventário, os resultados são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Fatores de Emissão (g/Km) médios e autonomia dos veículos leves movidos à Gasolina comum e etanol

Combustível	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NOx (g/Km)	RHCO (g/Km)	CO2 (g/Km)	Autonomia (Km/L)
Gasolina C	7,90	0,79	0,74	0,02	193,5	11,20
Etanol	5,42	0,70	0,57	0,05	173,5	7,93

Para os veículos de motorização à diesel, foram apurados valores de fatores de emissão e autonomia a partir do Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - The Reference Manual - Volume 3 - Energy conforme Tabela 8 (IPCC, 2006), uma vez que a motorização utilizada no Brasil se assemelha mais a dos veículos europeus do que a dos veículos americanos (ÁLVARES e LINKE, 2001). A Tabela 8 contém valores dos fatores de emissão para os poluentes NOx, CO e CO2 e autonomia de veículos médios e pesados a diesel, adaptada do IPCC (1996).

A frota paranaense por tipo de combustível foi obtida através do Anuário Estatístico 2005 do DETRAN-PR e é apresentada na Tabela 9.

Tabela 8 - Fatores de emissão e autonomia dos veículos médios (peruas e camionetas) e pesados do ciclo diesel

Tipo de veículo	CO (g/Km)	NOx (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	Autonomia (Km/L)
Pesado	9	1,0	7,70	3,3
Médio	1,6	1,4	2,80	9,2

Tabela 9 - Frota do Estado do Paraná por tipo de combustível

Tipo de Combustível	Número de Veículos
Etanol	402313
Gasolina	2415052
Diesel	371361

Tomando-se por base os dados das tabelas 2, 3 e 4 da distribuição regional de combustíveis, e a partir dos dados da frota de Irati (Tabela 1) e do Paraná (Tabela 9), estimou-se o consumo de cada combustível da cidade (Equação 1):

- Combustível:

$$\text{Consumo Paraná (L/ano)} \text{ ----- } n^{\circ} \text{veículos no Estado}$$

$$(9) \text{ Consumo Irati: "X" (L/ano) ----- } n^{\circ} \text{veículos Irati}$$

Onde:

consumo Paraná: representa o consumo total de combustíveis no estado

(Tabelas 2, 3 e 4).

nº de veículos no Estado: representa o número total de veículos por tipo de

combustível no Estado do Paraná (Tabela 9).

nº de veículos Irati: representa a quantidade de veículos por tipo de

combustível no município (Tabela 1).

consumo Irati "X": representa o valor a ser estimado do consumo médio de combustíveis no município.

A partir dos dados de consumo obtidos na Equação (9), as emissões dos poluentes foram calculadas utilizando-se a metodologia da USEPA e CETESB, sugerida em Melchior et al. (2003) por meio da Equação (10):

$$E = Fe \cdot A \cdot C \cdot N \cdot 10^{-6} \quad (10)$$

Onde:

E: Taxa de emissão do composto (t/ano).

Fe: Fator de emissão (médio) referente ao combustível e o poluente analisado (g/Km) (Tabelas 7 e 8)

A: Autonomia dos veículos por tipo de combustível (Km/L) (Tabelas 7 e 8).

C: Consumo de combustível no município (L/ano) (Tabela 10)

N: Número de veículos por tipo de combustível na cidade de Irati (Tabela 1).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 10 - Consumo estimado de combustíveis no município de Irati

Combustível	Consumo Irati (L/ano)
Gasolina C	8,03.10 ⁴
Etanol	0,44.10 ⁴
Diesel	1,95.10 ⁴

Para ambas as metodologias utilizadas, a estimativa do consumo foi a mesma, utilizando dados da CETESB, DETRAN, ANP; conforme descrito anteriormente. O resultado do consumo pode ser verificado na Tabela 10.

Para o cálculo das emissões segundo a

metodologia do IPCC foram obtidos os seguintes resultados, demonstrados na Tabela 11:

Tabela 11 - Inventário das emissões veiculares do município de Irati, segundo metodologia do IPCC

Consumo Combustível (m³/ano)	tEP / unidade de tPA	tEP total	CC ⁽²⁾ (TJ)	F _{emiss} ⁽³⁾ (tC/TJ)*	QC ⁽⁴⁾ (tC)	FC _{fix} ⁽⁵⁾ *	QCF ⁽⁶⁾	ELC ⁽⁷⁾	FCO _{liq} ⁽⁸⁾	ERC ⁽⁹⁾	ERCO ₂ ⁽¹⁰⁾ (tCO ₂)
Gasolina	0,930	6,183	359	18,90	4,893	0	0	4,893	0	4,844	17,761
Alcool	4,40	0,51	224	9	14,01	139	1	139	0	0	0
Óleo Diesel	195,000	0,85	165,360	6,923	20,20	139,851	0	0	139,851	139,452	507,657
Total (tCO₂)											525,417,92

* Fonte: CENTRO CLIMA/COPPE/UFRRJ (2005)
 (1) tEP = tonelada equivalente de petróleo; (2) CC = consumo de energia (TJ); (3) F_{emiss} = fator de emissão de carbono (tC/TJ); (4) QC = quantidade de carbono, em tC; (5) FC_{fix} = fração de carbono fixado (adimensional); (6) QCF = quantidade de carbono fixado em tC; (7) ELC = emissões líquidas de carbono (GgC); (8) FCO_{liq} = fração de carbono oxidada (adimensional); (9) ERC = emissões reais de carbono em tC; (10) ERCO₂ = emissões reais de CO₂ em tCO₂

No inventário segundo método da EPA adaptado por Melchior et al. (2003), a partir da Equação (10) foram determinadas as emissões dos poluentes NOX, CO, CO₂, HC e RCHO, cujos valores são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Emissões totais de poluentes (x10⁴ t/ano) por tipo de combustível

Combustível	Poluentes				
	CO	HC	NO _x	RCHO	CO ₂
Gasolina C	8,03	0,804	0,752	0,0203	196,70
Etanol	0,045	0,0058	0,0047	0,00041	0,00242
Pesados Diesel	65,93	N/A*	73,26	N/A*	56,41
Médios Diesel	0,038	N/A*	0,033	N/A*	0,57
Total	74,05	0,81	74,05	0,021	259,68

* N/A: Valores de Fatores de Emissão não disponíveis na literatura para tais poluentes.

A comparação quantitativa entre os resultados pode ser visualizada na Tabela 13:

Tabela 13 - Comparação entre os resultados de emissão de CO₂ (t/ano)

Combustível	Emissões CO ₂ (t/ano)	
	IPCC	EPA
Gasolina	17,761	196,700
Etanol	0	2,420
Óleo Diesel	507,657	62,980,000
Total	525,418	259,680,000

Observamos uma diferença bastante significativa entre um método e outro. As emissões totais pelo método EPA sugerido em Melchior et al. (2003) são aproximadamente 494 vezes maiores que as emissões levantadas pelo método do IPCC.

O método da EPA leva em conta diversos parâmetros, tais como a emissão por quilometragem rodada e o ano do veículo, logo, é um método cuidadoso que procura abordar um número mínimo de variáveis que possibilitem um resultado confiável.

Outro fator de variação, é que no método EPA tem-se emissões para o etanol, o que não é considerado no método do IPCC, que parte do pressuposto que o etanol provém de biomassa renovável, e que o carbono emitido em uma safra será seqüestrado pela próxima.

O resultado pelo método do IPCC também não pode ser descartado, pois leva em conta não só fatores de emissão, mas também fatores de combustão incompleta, carbono fixado (o que acaba por zerar as emissões do etanol por este método), oxidação

do carbono, dentre outros aspectos. Aparentemente está subestimado, porém cabe ressaltar que este método é um dos mais aceitos para determinação das emissões de GEE em escala mundial, e está fundamentado em bases científicas.

4 CONCLUSÃO

Fica evidente a discrepância entre métodos aceitos para inventário de GEE. Como os fatores de emissão utilizados são provenientes de estudos e relatórios de credibilidade nacional ou internacional, não se pode afirmar se o método da EPA está superestimado ou se o IPCC, por sua vez, está subestimado.

É importante ressaltar que muitas adaptações têm sido feitas nos métodos para possibilitar a aplicação a nível local ou municipal. O ideal seria trabalhar com fatores de emissão tier 3, modelados e calculados com base em dados reais da região, para cada item a ser inventariado, o que se torna complexo, dificultoso e oneroso, principalmente para pequenos municípios e organizações, dada a carência de dados.

Para que ações mitigadoras sejam planejadas e executadas de forma eficiente e eficaz, faz-se necessário conhecer as atividades que emitem GEE, o que o inventário permite de forma sistêmica. O método a ser utilizado irá depender das características da unidade a ser inventariada e, no caso de resultados conflitantes como estes, optar pela alternativa mais otimista ou pessimista será uma decisão a ser tomada com base na experiência da equipe de inventário.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa PIBIC/CNPq para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Anuário de 2005 referente à venda de Gasolina C, pelas distribuidoras, segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação 1996-2005. 2006a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=8970> Acesso em 27/03/2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Anuário de 2005 referente à venda de óleo diesel, pelas distribuidoras, segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação 1996-2005. 2006b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=8970> Acesso em 27/03/2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. Anuário de 2005 referente à venda de álcool (etanol), pelas distribuidoras, segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação 1996-2005. 2006c. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=8970> Acesso em 27/03/2010.

ÁLVARES Jr, O. M.; LINKE, R. R. A.; Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frota de veículos no Brasil. São Paulo: CETESB, 2001. 182p.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E.; Poluição do ar. 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004. 112p.

BRASIL. Senado Federal (Ed.). Protocolo de Quioto: e Legislação correlata. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004a. 88 p. (Coleção Ambiental v.3).

BRASIL. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal: Comunicação Inicial do Brasil. Brasília: MCT, 2004b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf Acesso em 17/03/2010.

BRASIL. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Top-Down. Brasília: MCT, 2006. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8812.pdf Acesso em 26/05/2010.

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ. Inventário de emissões de gases do efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2000. Disponível em: http://www.centroclima.org.br/new2/ccpdf/inventario_rj.1.pdf Acesso em 12/03/2009.

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ. Inventário de emissões de gases do efeito estufa da cidade de São Paulo. Rio de Janeiro: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2005. Disponível em: http://www2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/Inventario_SVMA_SP.pdf Acesso em 12/03/2009.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008. São Paulo: CETESB, 2009. 340p.

DETRAN – Departamento de Trânsito do Estado do Paraná. Anuário Estatístico – DETRAN-PR 2005. 2005. 129p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - The Reference Manual – Volume 3 – Energy. p 81-94. 1996. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gll/guidelin/ch1.ref5.pdf> Acesso em 14/04/2010.

IPCC – National Greenhouse Gas Inventories Programme. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds)]. Hayama, Japan: IGES, 2006. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf Acesso em 17/03/2010.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. 996p. Disponível em:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm Acesso em 30/09/2009.

KRUG, T. Os Métodos do Inventário do IPCC e sua Aplicação em Nível Estadual. [Curitiba], 2008. Disponível em: www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/ThelmaKrug.ppt Acesso em 17/03/2010.

MELCHORS, D. J. et al. Inventário das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 3., 2003, Canoas. Anais... 2003.

RITTL, C. et al. Mudança do clima, mudanças de vida: como o aquecimento global já afeta o Brasil. Greenpeace, 2006. Disponível em: www.greenpeace.org.br/clima/pdf/cartilha_clima.pdf. Acesso em 12/10/2009

USEPA – United States Environmental Protection Agency. AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 2000. Disponível em: <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm> Acesso em 11/08/2010.