

3

Emissões de Gases de Efeito Estufa

3.1.

Metodologia

Neste capítulo, com base na Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro, é apresentada a metodologia utilizada para as estimativas de emissões de CO₂ no Estado do Rio de Janeiro, no período 2008/2020.

O LEAP utiliza a metodologia setorial proposta pelas Diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima³ - IPCC – *Guidelines* 2006 para avaliação das emissões de gases de efeito estufa, que está em compatibilidade com o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro de 2007. Foram considerados os consumos finais de cada setor da economia e os fatores de emissão de carbono de cada energético, com base no conteúdo de carbono de cada um.

Emissões antrópicas de gases de efeito estufa são provenientes de atividades de diversos setores. De acordo com a estrutura sugerida pelo IPCC² e seguida no Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro de 2007, as emissões de gases de efeito estufa são avaliadas divididas em 6 setores, a saber: Energia; Processos Industriais; Uso de Solventes e Outros Produtos; Agropecuária; Mudança no Uso da Terra e Florestas; e Tratamento de Resíduos.

Neste trabalho foram estimadas as emissões antrópicas de CO₂ provenientes do Setor de Energia, uma vez que, segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro 2007, este Setor é responsável por 62% do total das emissões do Estado do Rio de Janeiro, sendo o CO₂ o principal GEE emitido no estado, correspondendo a aproximadamente 84% do total das emissões em 2005. Além disto, em função do tipo de dado disponível na Matriz Energética do Estado, não seria possível

³ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

estimar as projeções das emissões antrópicas de GEE no Estado do Rio de Janeiro referentes aos outros quatro setores (Processos Industriais; Uso de Solventes e Outros Produtos; Agropecuária; Mudança no Uso da Terra e Florestas; e Tratamento de Resíduos).

Segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro 2007, considerando apenas o Setor de Energia, o CO₂ foi responsável por mais de 95% do total das emissões de gases de efeito estufa no Estado.

A título de conhecimento, as subseções a seguir apresentam resumidamente a metodologia de cada setor.

3.1.1. Setor de Energia

Segundo a metodologia do IPCC⁴, este setor abrange as emissões antrópicas devido à produção, transformação e consumo de energia, incluindo as emissões resultantes da queima de combustíveis e as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação e consumo.

3.1.2. Setor de Processos Industriais

Este setor contém as emissões antrópicas provenientes dos processos produtivos nas indústrias, que não sejam resultado da queima de combustíveis fósseis uma vez que as emissões de queima são contabilizadas no setor de Energia.

Boa parte das emissões de CO₂ por queima de combustíveis é de responsabilidade do setor econômico industrial, porém não é contabilizada como emissões de Processos Industriais e sim como emissões do Setor de Energia.

⁴ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

As emissões contabilizadas neste setor referem-se à atividade de indústrias que geram gases de efeito estufa como subproduto dos seus processos produtivos. Segundo a “Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – 2005 (MCT, 2010)”, os principais processos industriais geradores de emissões de CO₂ no Brasil são siderurgia, produção de cimento, de cal, de alumínio e de amônia. As emissões de N₂O ocorrem principalmente no processo de produção de ácido adípico (utilizado como intermediário na fabricação de fibras sintéticas, plásticos, poliuretanos, elastômeros e lubrificantes sintéticos) e nítrico (utilizado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos) na indústria química, e as emissões de NO_x ocorrem, principalmente, na produção de papel e celulose. Durante a produção de alumínio, também ocorrem emissões de CO, dependendo da tecnologia utilizada.

3.1.3. Setor de Uso de Solventes e Outros produtos

Este setor contabiliza as emissões de NMVOC (compostos orgânicos voláteis não metânicos) referentes à evaporação de solventes, decorrentes do seu uso. Algumas das atividades relacionadas com estas emissões são de aplicação em tintas, desengraxe de metais, limpeza a seco, processamento de espumas, indústria de impressão, extração de óleos vegetais comestíveis e consumo de solventes no uso doméstico.

3.1.4. Setor de Agropecuária

Devido às grandes dimensões de extensão de terras no Brasil, a agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância para o País.

Os processos geradores de emissões de gases de efeito estufa neste setor são fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas e emissões de N₂O provenientes de solos agrícolas.

Diferentemente de países desenvolvidos, onde as principais emissões são provenientes da queima de combustíveis fósseis, a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas são os setores mais importantes para as emissões totais do Brasil, de acordo com a “Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – 2005 (MCT, 2010)”.

Entretanto, para o Estado do Rio de Janeiro o Setor de Agricultura juntamente com o de Mudança no Uso da Terra e Florestas representam a terceira fonte de emissões de GEE, sendo a primeira o Setor de Energia, seguido do Setor de Processos Industriais, segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro de 2007.

3.1.5. Setor de Mudança no Uso da Terra e Florestas

Este setor contém as emissões e remoções de gases de efeito estufa associadas ao aumento ou diminuição do carbono na biomassa acima ou abaixo do solo, pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por outro. Pode-se citar como exemplo, a conversão de uma floresta para agricultura ou pecuária.

As remoções de GEE neste setor são resultado de atividades de manejo de áreas protegidas, reflorestamento, abandono de terras manejadas e aumento de estoque de carbono nos solos.

As emissões deste setor são predominantemente de CO₂, porém existem também emissões de outros GEE como CH₄ e N₂O, devido à queima imperfeita de madeira deixada no campo, em casos de conversões de florestas para outros usos.

3.1.6. Setor de Tratamento de Resíduos

Este setor contém as emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos (lixo em aterros ou lixões) (CH_4), incineração de resíduos (CO_2 e N_2O) e tratamento de efluentes com alto grau de conteúdo orgânico (CH_4 e N_2O). A incineração de resíduos não é uma atividade expressiva no Brasil.

3.2. Detalhamento do Setor de Energia

Segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro de 2007, o uso de Energia, tanto pelo consumo direto como indireto de combustíveis fósseis, é a principal fonte das emissões de gases de efeito estufa no Estado do Rio de Janeiro.

As emissões antrópicas de CO_2 provenientes do Setor de Energia abrangem os seguintes setores da economia do Estado: Industrial (indústria de manufatura), Energético (indústria de energia), Transportes, Residencial, Agropecuário, Comercial e Serviços e Estatal, além das emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação e consumo.

3.2.1. Emissões por Queima de Combustíveis

No processo de combustão é gerado fundamentalmente CO_2 através da oxidação do carbono contido nos combustíveis, além de CH_4 , CO , NMVOC , N_2O e NO_x .

Conforme justificado na Seção 3.1, nesta seção foram consideradas apenas as emissões de CO_2 por oxidação do carbono contido nos combustíveis durante a queima, tanto no consumo final, quanto para a geração de outras formas de energia.

Conforme anteriormente descrito, utilizou-se a metodologia setorial, ou *Bottom-up, Tier*⁵ 1 proposta pelo IPCC⁶ para as projeções das emissões de CO₂ originadas da queima de combustíveis, no horizonte da Matriz Energética. Nesta metodologia, para o cálculo das emissões de CO₂ são considerados os consumos finais energéticos de cada setor da economia e os fatores de emissão de carbono de cada energético, com base no conteúdo de carbono de cada um, conforme apresentado na Tabela 2.

Energético	Fator de Carbono (tC/TJ)
Carvão Vapor	26,8
Coque de Carvão Mineral	29,5
Gás Natural	15,3
Gasolina	18,9
GLP	17,2
Óleo Combustível	21,1
Óleo Diesel	20,2
Outras Fontes Secundárias de Carvão Mineral	18,2
Outras Fontes Secundárias de Petróleo	18,4
Petróleo	20,0
Querosene	19,6
Etanol	18,8
Carvão Vegetal	29,1
Lenha	28,9

Fonte: 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

Tabela 2 – Fatores de emissão indicados pelo IPCC – Guidelines 2006

De acordo com a metodologia do IPCC⁶, nesta seção devem ser consideradas as emissões provenientes apenas do consumo energético, sendo desconsideradas as emissões referentes ao consumo de produtos não energéticos, que são contabilizadas no Setor de Processos Industriais, e apenas as emissões de CO₂ relativas à queima de combustíveis fósseis, sendo desconsideradas as emissões resultantes da queima de biomassa como combustível (lenha, carvão vegetal, resíduos vegetais, álcool e bagaço), que são contabilizadas no Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas. Os fatores de emissão de carbono referentes à biomassa (etanol, carvão vegetal e lenha) são apresentados apenas como referência.

⁵ As *tiers* representam o nível de complexidade metodológica aplicada. O *Guideline* IPCC 2006 sugere 3 *tiers*: *Tier* 1, básico, *Tier* 2, intermediário, *Tier* 3, maior demanda de dados.

⁶ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Além disto, para o setor de transporte, conforme estabelecido pelo IPCC⁷, as emissões referentes à *bunkers fuels* (combustíveis fornecidos no Estado para a navegação marítima e o transporte aéreo internacional) também não devem ser consideradas no total das emissões do Estado, uma vez que estas emissões não são atribuídas como responsabilidade de nenhum país e, conseqüentemente, de nenhum Estado.⁸

As projeções das emissões de CO₂ deste trabalho tomam como base as projeções para o consumo de energia da Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro para o período 2008/2020, que desagrega o consumo final de energéticos por setor da economia, tipo de uso e energéticos utilizados. As destinações de cada energético, por setor, utilizadas na Matriz foram: calor (de processo e aquecimento direto), força motriz e iluminação.

Segundo o Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro – BEERJ, 2008, o parque gerador do Estado do Rio de Janeiro em 2008 era formado por 6 usinas termelétricas, 2 term nucleares, 11 PCHs e 5 hidrelétricas, além de um parque autoprodutor e cogrador de eletricidade. Foram considerados neste trabalho, para fins de cálculos de emissões, os projetos citados e os novos projetos de geração de energia previstos para o setor elétrico no Estado do Rio de Janeiro, conforme listados abaixo, no horizonte da projeção. É importante citar que as instalações do Estado do Rio de Janeiro estão conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Novos projetos de geração de energia previstos para o setor elétrico no Estado do Rio de Janeiro até 2020:

- Central Termonuclear de Angra III– Fonte: Eletronuclear e ANEEL.
- Central Hidrelétrica de Simplício – Fonte: ANEEL;
- Usina Térmica da Companhia Termoelétrica do Atlântico – Fonte: CSA;
- Diversas PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas – Fonte: ANEEL;
- Central de Energia Eólica de Gargaú – Fonte: ANEEL;

⁷ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

⁸ Devido à falta de dados, as emissões referentes ao consumo de combustíveis de *Bunker* não puderam ser contabilizada separadamente, conforme análise e resultados apresentados na Seção 5.

Abordagem *Bottom-up*

Esta abordagem sugerida pelo IPCC⁹ possibilita a identificação de onde e como ocorrem as emissões, facilitando o estabelecimento de medidas de mitigação, e possibilita, ainda, a identificação das emissões de outros gases de efeito estufa, pois leva em conta as várias destinações do uso da energia.

Para o caso das emissões de CO₂, como estas dependem do conteúdo de carbono dos combustíveis, poderiam ser estimadas em um nível de agregação mais elevado mantendo uma boa precisão, conforme sugerido na metodologia *Top-down*. Ainda assim, O IPCC⁹ recomenda que as emissões de CO₂ sejam estimadas a partir de um nível mais desagregado de informações.

Porém, para o caso das emissões de gases não-CO₂, é necessário utilizar informações complementares sobre o uso final, a tecnologia dos equipamentos, etc., devendo as estimativas serem feitas em um nível mais desagregado, ou seja, *Bottom-up*.

3.2.2. Emissões Fugitivas

São consideradas, também, no setor de Energia as emissões de gases de efeito estufa derivadas do processo de mineração de carvão (produção, estocagem, processamento e transporte de carvão mineral) e do processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural. As emissões derivadas da indústria de carvão mineral não foram avaliadas neste trabalho, devido ao perfil energético do Estado do Rio de Janeiro.

Segundo a metodologia aplicada⁹, para as emissões de CO₂ devido às atividades de petróleo e gás natural as áreas que são consideradas como fontes de emissões fugitivas são, exploração e produção (E&P), refino e transporte.

Fazem parte das emissões associadas ao petróleo e gás natural, emissões fugitivas de CH₄ na extração (*venting*), no transporte e na distribuição, por dutos

⁹ 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

e navios, de petróleo e gás natural, e durante o processamento nas refinarias. Conforme justificado na Seção 3.1, este trabalho estimou apenas as emissões de CO₂. Sendo assim, as emissões fugitivas de CH₄ não foram avaliadas neste trabalho.

Além disto, fazem parte, também, das emissões associadas ao petróleo e ao gás natural as emissões de CO₂ por combustão não útil (*flaring*) nas plataformas e nas refinarias.

Para as projeções das emissões de CO₂ deste trabalho são contabilizadas apenas as emissões de CO₂ por queima no *flare*, tanto nas plataformas quanto nas refinarias.

Apesar das emissões de CO₂ por queima no *flare* serem conceitualmente fruto de combustão, são incluídas como emissões fugitivas por serem associadas a perdas e não ao consumo útil de combustível.

O óleo e o gás natural utilizados internamente nas plataformas e refinarias para produção de energia e transporte é contabilizado na seção de queima de combustíveis, por ser considerado combustão.