

RESÍDUOS SÓLIDOS

INVENTÁRIO DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL NO PERÍODO DE 1990 A 2005.

Derlayne Flávia Dias Roque – derlayne@gmail.com

Universidade Católica de Brasília.

Kaline Carneiro Oki Hogem – kaline.oki@gmail.com

Universidade Católica de Brasília.

Tatyane Souza N. Rodrigues – tatyane.rodrigues@gmail.com

Universidade Católica de Brasília.

Resumo: As atividades de manejo de resíduos sólidos urbanos (RSU) contribuem significativamente na emissão de gases de efeito estufa. Como signatário do Protocolo de Kyoto e da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, o Brasil apresentou seu primeiro Inventário Nacional de Emissões de GEE Não Controlados em 2004. Alguns Estados, entre eles o Distrito Federal, tiveram suas estimativas determinadas de forma generalizada, tendo em vista a ausência de dados necessários. Este trabalho teve por objetivo a aplicação da metodologia de inventários e fatores de emissão publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC no ano 2000, com vista a colaborar para o Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa no setor de resíduos com a estimativa do Distrito Federal no período de 1990 a 2005. Por meio da aplicação da metodologia proposta pelo IPCC, bem como a pesquisa e compilação de dados disponibilizados pelo Serviço de Limpeza Urbana – SLU – do DF, juntamente com dados default sugeridos pelo Guia de Boas Práticas (IPCC, 2000), obteve-se como resultado para o DF, no período de 1990 a 2005, emissões de metano igual a 1260,72 GgCH₄ e de dióxido de carbono e óxido nitroso de 3106,4 GgCO₂ e 25,24 Gg N₂O, respectivamente. O inventário gerado pelo presente estudo pode servir como base para o melhoramento do gerenciamento dos RSU no DF, e acredita-se que o início da operação do aterro sanitário pode reduzir consideravelmente a carga poluidora.

Palavras-chave: GEE não controlados, RSU, mudanças climáticas, aproveitamento energético.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

É notório que a intensificação de emissões de poluentes e a pressão sobre os recursos ambientais estão intrinsecamente associados ao padrão de consumo do atual modelo econômico. Tal fato é comprovado pelo aumento significativo no volume dos resíduos gerados, que, dispostos de forma inadequada, podem resultar na poluição e degradação do

meio ambiente e consequente perda da qualidade de vida das gerações atuais e futuras (RODRIGUES, 2009). No que se refere a resíduos sólidos, o Distrito Federal tem um histórico bastante impactante do ponto de vista ambiental. Observa-se uma problemática na gestão dos resíduos sólidos urbanos – RSU, que abrange as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Desde 1968 os resíduos sólidos do distrito são destinados ao Aterro Controlado do Jóquei que ocupa 166 hectares (GDF, 2008). Esse local já foi considerado um lixão, similar a lançamento a céu aberto, mas é de conhecimento comum que a área sofreu ações de gerenciamento ao longo de sua operação, visando mitigar os impactos ambientais causados por esse tipo de atividade, tais como, delimitação e cercamento da área, implantação de alguns dispositivos de drenagem de gases, bem como a drenagem e construção de uma lagoa de captação do lixiviado gerado. No entanto, esses dispositivos não atingem toda a extensão e profundidade do solo onde os resíduos foram depositados além do fato de a lagoa não comportar toda a vazão de líquidos percolados sendo assim bombeado e recirculado na massa de resíduos.

Há ainda a questão da Usina de Incineração de Lixo Especial – UILE do Distrito Federal, que foi instalada em 1985 com o objetivo principal a incineração de resíduos especiais gerados no DF. A usina estava operando em condições perigosas e em desacordo com as especificações contidas na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 316/2002 e 3 (três) anos após o posicionamento do IBAMA favorável a desativação da usina, ela foi desativada.

As emissões de CH₄ do Setor de Tratamento de Resíduos foram estimadas no ano de 1994 em 0,8Tg de CH₄, cerca de 6% do total das emissões desse gás, com um crescimento de 9% desde 1990. Grande parte desse valor, cerca de 80%, é gerada pela disposição do lixo enquanto que o restante é proveniente do tratamento de esgoto (CETESB, 1999). Pode-se então, relacionar esses métodos adotados para destinação dos resíduos sólidos com a intensificação de alguns fenômenos ambientais a partir da emissão antrópica de GEE. Como exemplos, podem ser citados o aquecimento global, o aumento do buraco na camada de ozônio e a ocorrência de chuvas ácidas (RODRIGUES, 2009; PAZ, 2015).

Tendo em vista que o inventário é um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2009), que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) tem como meta o aproveitamento energético dos gases gerados pelo manejo de resíduos sólidos e a defasagem de estudos sobre a temática no Distrito Federal, foi proposto o desenvolvimento presente trabalho. Além disso, a elaboração desse inventário visa contribuir para o Inventário Nacional de Emissões de GEE no setor de resíduos e servir de apontamento da contribuição do Distrito Federal com relação aos demais estados.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo estimar quantitativamente a emissão de gases de efeito estufa pelo manejo dos resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal no período de 1990 a 2005. Dessa forma, os objetivos específicos deste trabalho são: (a) estimar quantitativamente, em Gg/ano (Giga grama por ano) a emissão de metano (CH₄) proveniente da(s) área(s) de disposição final de RSU do DF; (b) estimar quantitativamente, em Gg/ano (Giga grama por ano) a emissão de dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O) proveniente da incineração de resíduos no DF; (c) aplicar a metodologia para inventários e fatores de emissão publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) - IPCC; (d) realizar levantamento de dados referente à gestão e ao manejo dos resíduos do DF, no período em análise; e (e) contribuir na elaboração do Inventário Nacional de GEE no setor de resíduos.

2. METODOLOGIA

A elaboração do Inventário de Emissões de GEE pelo manejo de Resíduos Sólidos Urbanos no DF seguiu a metodologia do *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC no ano de 2000, modelo adotado pelo Governo Federal para a elaboração do Relatório de Referência do setor de tratamento de resíduos para compor o Inventário Nacional de Emissões de GEE do período de 1990 a 2005. Logo, o período escolhido para análise e desenvolvimento do presente trabalho, compreende os mesmos anos.

2.1. Emissão de CH₄ pela disposição de RSU.

A estimativa das emissões de CH₄ pela disposição de resíduos sólidos urbanos no DF foi feita empregando-se a equação (1) que representa a quantidade de metano gerado ao ano.

$$Q_{CH_4} = \sum[(A \cdot k \cdot RSU_t \cdot RSU_f \cdot L_0 \cdot e^{-k(t-x)} - R)(1 - OX)] \quad (1)$$

Em que: Q = quantidade de CH₄ gerado ao ano (GgCH₄/ano); A = fator de normalização para a soma; k = constante de decaimento (1/ano); RSU_t = quantidade total de resíduo gerado (GgRSU/ano); RSU_f = fração de resíduo destinado ao aterro; L₀ = potencial de geração de CH₄ (GgCH₄/ano); t = ano do cálculo (ano); R = recuperação de CH₄ (GgCH₄/ano); OX = fator de oxidação.

A estimativa do fator de normalização para a soma (A) é descrita na equação (2).

$$A = \frac{1 - e^{-kt}}{k} \quad (2)$$

A estimativa da quantidade de resíduos destinada aos aterros (R_x), produto entre RSU_t e RSU_f, é feita pelo produto entre a TaxaRSU_f e a Pop_{urb}, conforme equação (3).

$$RSU_t \cdot RSU_f = R_x = TaxaRSU \cdot Pop_{urb} \quad (3)$$

Em que: R_x = quantidade de resíduo aterrado (GgRSU/ano); TaxaRSU = taxa de resíduo coletado per capita; Pop_{urb} = população urbana.

O potencial de geração de CH₄ - L₀, utilizado na Equação (1) é descrito na equação (4).

$$L_0 = MCF \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad (4)$$

Em que: MCF = fator de correlação do metano referente ao gerenciamento dos locais de disposição; DOC = carbono orgânico degradável (gC/gRSU); DOC_f = fração do DOC que decompõe; F = fração de CH₄ no aterro; 16/12 = razão de conversão de carbono (C) para CH₄.

A estimativa do DOC – carbono orgânico degradável empregado na Equação (4) é descrita na equação (5).

$$DOC = (0,4 \cdot A) + (0,17 \cdot B) + (0,15 \cdot C) + (0,3 \cdot D) \quad (5)$$

Em que: 0,4 = carbono orgânico degradável da fração de resíduos correspondente a papéis e têxteis (gC/gRSU); 0,17 = carbono orgânico degradável da fração de resíduos proveniente de jardins, parques e outros putrescíveis não alimentares (gC/gRSU); 0,15 = carbono orgânico degradável da fração de resíduos correspondente a resíduos alimentares (gC/gRSU); 0,3 = carbono orgânico degradável da fração de resíduos correspondente a madeira e palha (gC/gRSU); A = fração do resíduo correspondente a papéis e têxteis; B = fração do resíduo proveniente de jardins, parques e outros putrescíveis não alimentares; C = fração do resíduo correspondente a resíduos alimentares; D = fração do resíduo correspondente a madeira e palha.

A estimativa da fração do *DOC* que decompõe, DOC_f , empregado na Equação 4, é descrita na equação (6).

$$DOC_f = 0,014 \cdot T + 0,28 \quad (6)$$

2.2. Emissão de CO₂ por incineração de RSU

Para a estimativa da emissão de CO₂ por incineração de resíduos sólidos foi utilizada a equação (7).

$$Q_{CO_2} = \sum_i (IW_i \cdot CCW_i \cdot FCF_i \cdot EF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (7)$$

Em que: Q_{CO_2} = quantidade de dióxido de carbono gerada ao ano (GgCO₂/ano); i = RSU: resíduo sólido doméstico; RP: Resíduo perigoso; RH: Resíduo hospitalar; LE: Lodo de esgoto; M = massa de resíduo incinerado por tipo i (GgRSU/ano); C = carbono contido no resíduo tipo i (gC/gRSU); FC = fração de carbono fóssil no resíduo tipo i; E = eficiência de queima dos incineradores de resíduo tipo i; 44/12 = conversão de C para CO₂.

2.3. Emissão de N₂O por incineração de RSU

Para a estimativa da emissão de N₂O por incineração de resíduos sólidos foi utilizada a equação (8).

$$Q_{N_2O} = \sum_i (M_i \cdot E_i) \cdot 10^{-6} \quad (8)$$

Em que: Q_{N_2O} = quantidade de óxido nitroso gerado ao ano (GgN₂O/ano); i = RSU: resíduo sólido doméstico; RP: Resíduo perigoso; RH: Resíduo hospitalar; LE: Lodo de esgoto; M = massa de resíduo incinerado por tipo i (Gg/ano); E = fator de emissão i (kgN₂O/Gg).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estimativa das emissões de CH₄ pela disposição de RSU no DF

Os resultados obtidos para emissões de CH₄ pela disposição final de RSU no DF no período de 1990 a 2005 são apresentados na Tabela 1 e no gráfico da Figura 1.

Tabela 1 - Emissões de CH₄ pela disposição de RSU no DF do período de 1990 a 2005.

Emissões CH₄ pela disposição final de RSU.	
Ano	GgCH₄/ano
1990	41,03
1991	104,87
1992	98,46
1993	75,68
1994	89,63
1995	80,96
1996	103,31
1997	91,63
1998	81,57
1999	72,39
2000	57,67
2001 ¹	45,12
2002	92,61
2003	81,39
2004 ²	94,63
2005	49,69
Total	1260,72

¹ Nos Relatórios Anuais de Atividades fornecidos pelo SLU não constam dados referentes ao ano de 2001 para obtenção do Carbono Orgânico Degradável do mesmo ano.

² Nos Relatórios Anuais de Atividades fornecidos pelo SLU não consta a quantidade de Resíduos Sólidos Urbano aterrados, portanto esse dado foi obtido por meio do cálculo que consiste na multiplicação de TaxaRSD*Popurb.

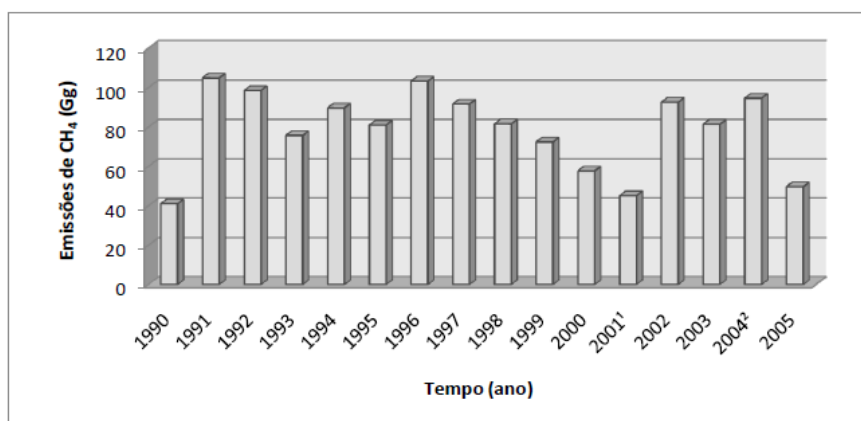


Figura 1 - Emissões de CH₄ pela disposição de RSU no DF do período de 1990 a 2005.

O total de metano emitido no DF para o período analisado foi de aproximadamente 1.300 GgCH₄. Comparando com o Estado de São Paulo, que para o mesmo período emitiu

cerca de 3.300 GgCH₄, observa-se que o DF contribui de forma significativa para emissão desse poluente. Ademais esse quantitativo de metano poderia ser convertido em energia gerando 113,77 MW/GgCH₄ (OLIVEIRA *apud* CETESB, 2009).

3.2. Estimativa das emissões de CO₂ e N₂O por incineração de RSU no DF

A estimativa das emissões de CO₂ e N₂O pela incineração, os resíduos foram divididos por tipo. Os tipos adotados pelo IPCC (2000) são: RSU (resíduo sólido urbano), RP (resíduo perigoso), RH (resíduo hospitalar) e LE (lodo de esgoto). Essa divisão se deu pelo fato de que a composição de cada tipo de resíduo estar intrinsecamente ligada à determinação de C (carbono contido no resíduo), FC (fração de carbono fóssil no resíduo) e E (eficiência de queima dos incineradores de resíduos).

Os resultados obtidos para emissões de CO₂ e N₂O pela incineração de RSU no DF no período de 1990 a 2005 são apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2 - Emissões de CO₂ e N₂O pela incineração de RSU no DF do período de 1990 a 2005.

Emissões CO ₂ e N ₂ O pela incineração de RSD.		
Ano	GgCO ₂ /ano	GgN ₂ O10 ² /ano
1990	171,50	1,39
1991	205,72	1,67
1992	189,83	1,54
1993	145,71	1,18
1994	171,40	1,39
1995	201,55	1,63
1996	222,12	1,80
1997	219,74	1,78
1998	212,22	1,72
1999	228,70	1,85
2000	162,73	1,32
2001 ¹	177,70	1,44
2002	193,00	1,56
2003	205,77	1,67
2004 ²	211,29	1,71
2005	187,42	1,52
Total	3106,40	25,24

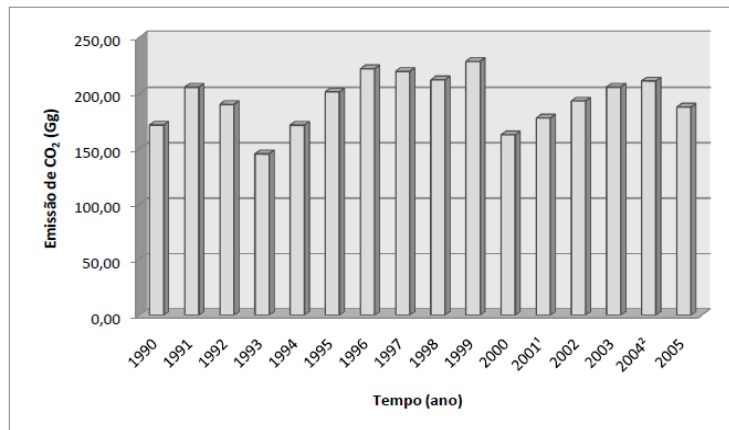


Figura 2 - Emissões de CO₂ pela incineração de RSU no DF do período de 1990 a 2005.

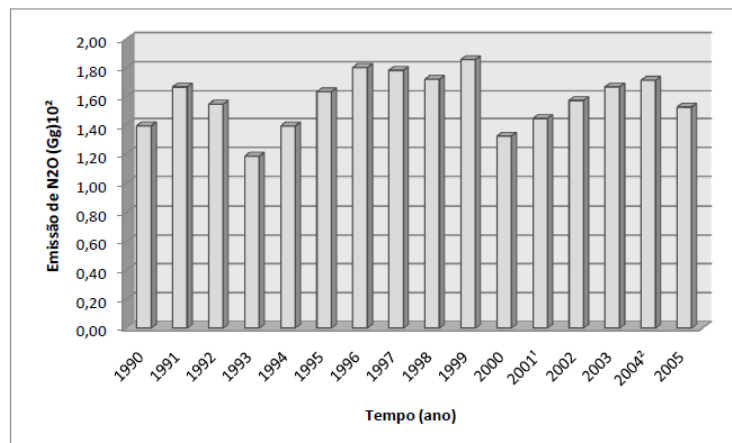


Figura 3 - Emissões de N₂O pela incineração de RSU no DF do período de 1990 a 2005.

O total de dióxido de carbono e óxido nítrico emitido no DF referentes à incineração de resíduos para o período analisado foi de aproximadamente 3.100 GgCO₂ e 25 GgN₂O, respectivamente. Comparando com o Estado de São Paulo, que para o mesmo período emitiu cerca 214 GgCO₂ e 13 GgN₂O, pode-se verificar uma alta contribuição desses poluentes pelo Distrito Federal; que supera em mais de 14 vezes as emissões de CO₂ e quase 20 vezes as emissões de N₂O do Estado de SP. Entretanto, deve-se levar em conta que para alguns anos não foram identificados valores da emissão dos gases citados. Como não foi utilizado nenhum parâmetro de *default* acredita-se que a ausência de tais dados deve-se a não incineração de resíduos no Estado.

4. CONCLUSÃO

O Inventário de emissões de GEE pelo manejo de Resíduos Sólidos no DF no período de 1990 a 2005 servirá como um indicativo tendo em vista a necessidade de estudos mais detalhados com relação aos dados específicos do DF que são apurados no método do IPCC (2000). Apesar da recorrência a valores *default*, em virtude da ausência de dados, o Inventário de Emissões de GEE pelo manejo de Resíduos Sólidos no DF é viável e pode-se observar a dimensão da contribuição do DF em relação às emissões de GEE no país.

As emissões de metano equivalem à metade do valor emitido no mesmo período pelo Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 2009). Valor esse que requer atenção, visto que o DF possui espaço territorial e densidade populacional menor que o Estado de São Paulo.

O histórico de precariedade do gerenciamento dos resíduos sólidos do DF, que foi possível projetar por meio do levantamento das informações para aplicação do método, assim como da aplicação do método em si está intimamente relacionado ao sucateamento do órgão responsável pelos serviços de limpeza urbana do Distrito, além da descontinuidade administrativa e da ausência de estrutura interna que contemplem as necessidades reais do bom funcionamento do órgão.

Os dados *default* apresentam-se discrepantes dos demais o que demonstra que não é aconselhável a utilização recorrente por conferir erro de interpretação. Assim, recomenda-se a reformulação dos dados *default* adaptando-os para a realidade de cada região, considerando as particularidades do meio físico, biótico e socioeconômico, com vistas a se obter resultados mais próximos da realidade.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 - **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.** Brasil, 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 - **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS e dá outras providências.** Brasil, 2010.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Pesquisa sobre emissões de metano dos depósitos de lixo no Brasil.** São Paulo, 1999.

Governo do Distrito Federal – GDF. Decreto 29.399, de 14 de agosto de 2008 – **Plano Diretor dos Resíduos Sólidos Urbanos de Distrito Federal.** Brasília: GDF, 2008.

IPCC – *Intergovernmental Panel Climate Change. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.* Japan: IPCC, 2000.

OLIVEIRA, Bruna Patrícia de. **Estimativa de Gases de Efeito Estufa provenientes da disposição de resíduos sólidos municipais em Sorocaba-SP e a potência disponível nessas emissões.** São Paulo, 2009. 73p.

PAZ, D. H. F.; FIRMO, A.L.B.; RODRIGUES, T. S. N. ; JUCA, J. F. T.; BARBOSA, I. M. B. R.; LINS, E. A. M. **Inventory of methane emissions from municipal solid waste management in Pernambuco state, Brazil.** The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v. 20, p. 6009-6023, 2015.

RODRIGUES, T. S. N. **Estudo de Viabilidade do Aproveitamento Energético do Biogás Gerado em Célula Experimental no Aterro Controlado da Muribeca – Pernambuco (PE).** Recife, 2009. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.