

## VI-082 – ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR

**Vinicius Nascimento Matos** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia.

**Jamile Oliveira Santos**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia, Mestre em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia, Doutoranda em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia.

**Márcia Mara de Oliveira Marinho**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia, Mestre em Recursos Ambientais pela Universidade de Salford, Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de East Anglia, Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

**José Célio Silveira Andrade**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Bahia, Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia, Doutor em Administração pela Universidade Federal da Bahia, Pós Doutor em Ciências Políticas e Relações Internacionais pela Université Laval, Professor do Departamento de Estudos Organizacionais da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Professor Aristides Novis, 02 - Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-910 - Brasil - Tel: (71) 9963-9000 - e-mail: vini\_nm@hotmail.com

### RESUMO

A relação direta entre as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e as alterações climáticas que vem ocorrendo desde a revolução industrial, e se acentuaram nos últimos anos, mostra a importância de que se tenha conhecimento das consequências dessas emissões pelas atividades humanas para nortear as ações de redução e de mitigação dos seus efeitos. Para isso, é fundamental que as empresas realizem a execução de inventários de emissões, sobretudo as empresas de maior porte e com alto potencial poluidor. O objeto desse estudo é uma empresa de saneamento no estado da Bahia, quarto maior do país, e com grande abrangência territorial e populacional.

Nesse levantamento, cujo foco foram as emissões de GEE na região metropolitana de Salvador devido ao transporte de resíduos de estações elevatórias de esgotamento sanitário, tendo como base o ano de 2012, foram utilizadas ferramentas computacionais como o *Google Maps*® e planilhas eletrônicas, além dos dados fornecidos pela empresa e de dados extraídos de organizações ambientais, como os fatores de emissão e conversão, para se obter um resultado em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. O total de emissões encontrado pelo transporte desses resíduos foi de 108,54 tCO<sub>2</sub>eq.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissões, Transporte, Resíduos, RMS.

### INTRODUÇÃO

O número de estudos relacionados às mudanças climáticas vem aumentando a cada ano. O que esses estudos mostraram é que os efeitos dessas alterações climáticas já vêm sendo sentidos em diversos campos, por exemplo, o aumento da temperatura média do planeta, derretimento de geleiras, branqueamento de recifes, extinção de espécies, dentre outros. Para a minimização e a reversão do processo de aquecimento global, é essencial a redução nas emissões de gases efeito estufa, pois mesmo nos cenários mais otimistas, caso as emissões continuem nos padrões atuais, a temperatura média do planeta ainda aumentará muito (IEA, 2015 e IPCC, 2015).

O antropoceno, era onde as ações humanas são as maiores responsáveis pelas mudanças ambientais no planeta, teve início na revolução industrial, onde houve um aumento no consumo de recursos naturais, e nesse momento se acentuaram as emissões de GEE para a atmosfera terrestre (NASCIMENTO, 2011). Por conta disso, os nove limites planetários representam espaços seguros que, caso ultrapassados, podem ocasionar uma mudança abrupta no sistema Terra, mudanças climáticas é um desses limites (THE WORLDWATCH INSTITUTE, 2013 e ROCKSTROM *et al*, 2009 *apud* KIPERSTOK *et al*, 2010).

Os inventários de emissões de GEE são ferramentas importantes para que cada corporação tenha conhecimento da quantidade de gases que está sendo emitida por ela e possa traçar metas consistentes para a sua mitigação. Para a elaboração do mesmo, a corporação deve elencar todas as suas atividades que gerem gases de efeito estufa direta ou indiretamente, e a partir daí buscar métodos de quantificá-los.

O GHG Protocol surge nesse contexto, de incentivar empresas a desenvolverem seus inventários de emissões de GEE, fornecendo instrumentos para isso, com grande número de adesões no Brasil (GHG PROTOCOL, 2015). Seguindo a mesma lógica, os relatórios GRI são relatórios de sustentabilidade que padronizam indicadores ambientais, sociais e econômicos. Cada vez mais empresas buscam elaborar seus relatórios segundo o modelo GRI, entre os motivos, destaca-se: a formação de uma imagem positiva frente ao cliente, a possibilidade de economia financeira pelo maior aproveitamento de matéria prima, preocupação socioambiental, entre outras (GRI, 2015).

Embora com um crescente aumento no número de adesões no Brasil, ainda é modesta a quantidade de empresas que realiza esse tipo de levantamento. A SABESP (2010) divulgou ações que desenvolve no âmbito das mudanças climáticas e mostrou os resultados de seu primeiro inventário, em 2008, referente ao ano de 2007, sendo este o primeiro inventário feito por empresa de saneamento na América do Sul, e seguindo o GHG Protocol. O Ministério da Ciência e Tecnologia (2009) realizou o Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, que concluiu que o setor de transporte é o segundo maior responsável pelas emissões de GEE. Dessa forma, a elaboração desses inventários é importante porque estimula e serve de base para que outras empresas sigam essa tendência.

Outros estudos semelhantes são: o inventário de emissões de GEE na cidade do Rio de Janeiro, que apontou o transporte como responsável por 66% das emissões no setor de energia (UFRJ, 2011); a quantificação de emissões por ônibus em Natal para Diesel e GNV, que mostrou que o GNV emite menos GEE quando comparado com o óleo Diesel (ANDRADE e SANTOS, 2009); a quantificação no transporte de cargas, que aponta o transporte como responsável por 30% do uso de energia, principalmente pelo fato de que grande parte do transporte é feita pela modalidade rodoviária, que possui baixa eficiência e alto potencial poluidor (GONÇALVES e MARTINS, 2008); e o estudo de redução de emissões no setor de transportes no Rio de Janeiro, que concluiu que a instalação do BRT poderia trazer ganhos no sentido da redução de emissões (MATTOS, 2011), entre outros.

O presente estudo, tendo como objeto uma empresa do setor de saneamento no estado da Bahia, buscou quantificar as emissões de GEE devido ao transporte de resíduos em estações elevatórias de esgotamento sanitário nos municípios da região metropolitana de Salvador até o seu local de destinação final.

## METODOLOGIA

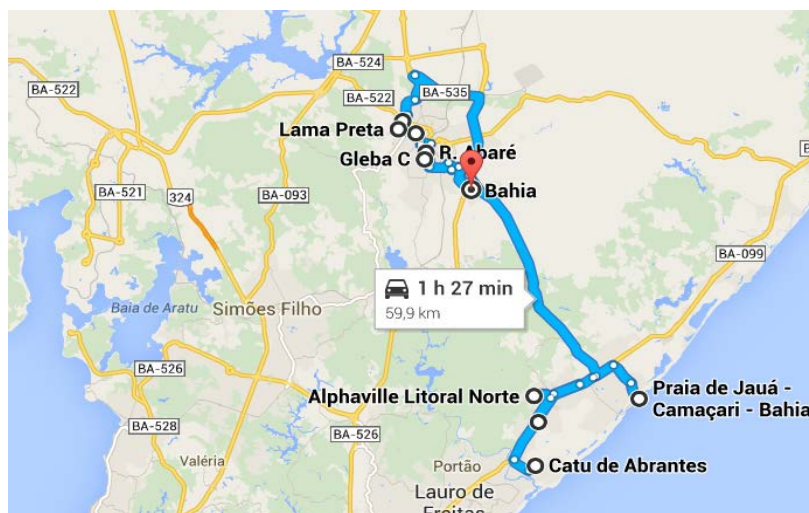
O estudo abrangeu as estações elevatórias de esgotamento sanitário localizadas em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) nos municípios da Região Metropolitana de Salvador (RMS). Esses municípios encontram-se na tabela 1. São 23 estações divididas em três unidades: Divisão de Esgotamento Sanitário do Litoral Norte (MESL), com cinco estações; Divisão de Esgotamento Sanitário de Camaçari e Dias D'Ávila (MESC), com doze estações; e Divisão de Esgotamento Sanitário da Área Petrolífera (MESP), com seis estações.

**Tabela 1: Municípios da Região Metropolitana de Salvador por unidade.**

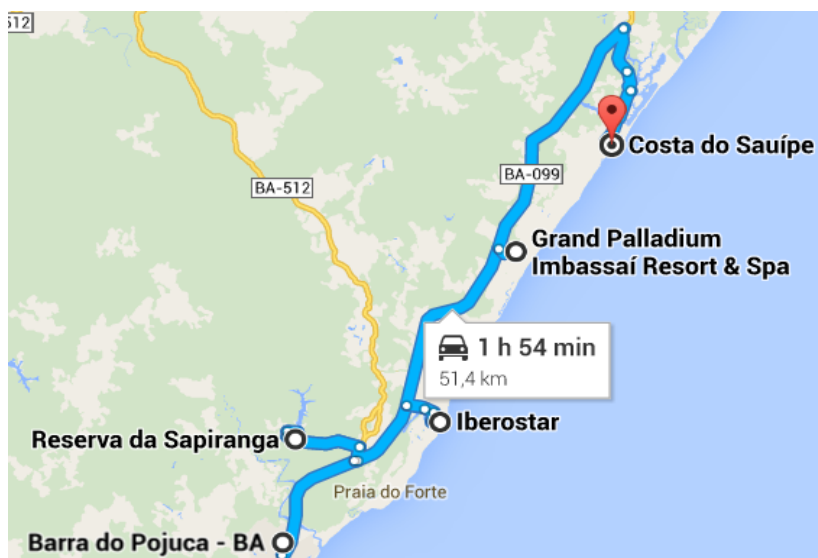
MESC	MESL	MESP
Camaçari	Camaçari	Madre de Deus
	Mata de São João	Candeias
		São Francisco do Conde
		Santo Amaro
		Santo Estevão

Os locais de destinação final desses resíduos são: O aterro sanitário de Sauípe, para os resíduos da MESL; o aterro sanitário de Camaçari, para os resíduos da MESC; e o aterro sanitário de Santo Amaro, para os resíduos da MESP (EMBASA, 2013). Esses resíduos são os sólidos retidos nas caixas de areia, nas grades e nas peneiras. As estações que não estavam dentro das ETEs não foram consideradas, pois a empresa não apresentou os dados referentes a estas.

A empresa não forneceu o percurso feito pelo caminhão no transporte dos resíduos, porém, disponibilizou uma planilha com a localização das elevatórias. A ferramenta *Google Maps®* foi utilizada para traçar o possível trajeto e estimar a distância, os mapas extraídos encontram-se nas figuras 1 a 3 e as distâncias na tabela 2. Os aterros sanitários de Sauípe e Santo Amaro não puderam ser localizados, então, acrescentou-se 2 km do limite da área urbana, distância mínima entre esta e o aterro (LIMA e GUIMARÃES, 2001).



**Figura 1: Percurso na unidade MESC.**



**Figura 2: Percurso na unidade MESL.**

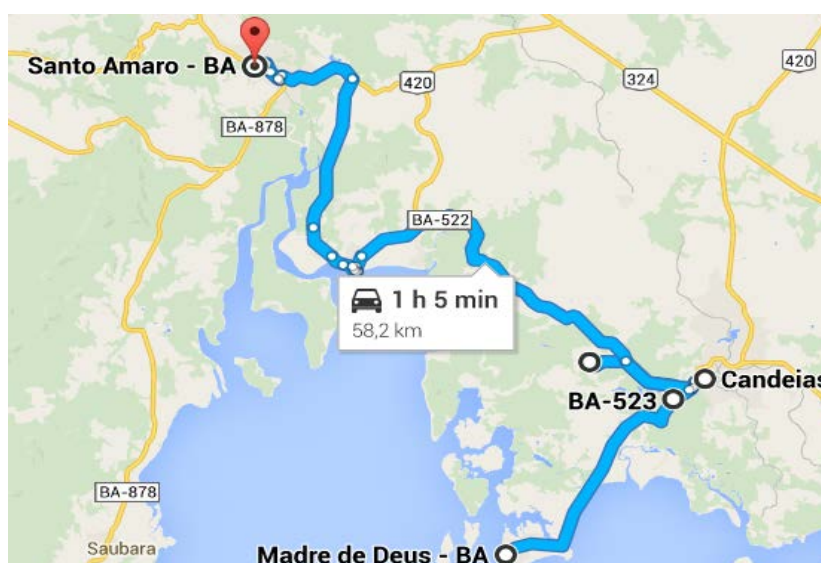


Figura 3: Percurso na unidade MESP.

Tabela 2: Distâncias percorridas por unidade.

Unidade	Distância (km)
MESC	59,9
MESL	53,4
MESP	60,2
TOTAL	173,5

A capacidade do caminhão também não foi divulgada pela empresa, assim, esta foi encontrada no catálogo do fabricante (SANTOS *et al.*, 2014). Os dados de média de consumo de combustível para caminhões do tipo, bem como os fatores de emissão de GEE, são divulgados pelo MMA e encontram-se na tabela 3. Depois de feito o cálculo de emissões para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, estes são convertidos para tCO<sub>2</sub>eq, os fatores de conversão são 1, 21 e 310, respectivamente (GHG PROTOCOL, 2012 e MMA, 2011).

Tabela 3: Emissão por tipo de veículo.

Tipo de Veículo	Consumo médio (km/l)	Combustível Utilizado	CO <sub>2</sub> (kg/l)
Caminhão pesado a Diesel	3,17	Óleo Diesel	2,6710

Considerou-se que o caminhão fará apenas uma viagem (ida e volta) por dia, uma vez que a população da região estudada é pequena. Sendo Camaçari o município mais populoso, com pouco mais de 280 mil habitantes (IBGE, 2014) a quantidade de resíduos não é tão expressiva a ponto de ultrapassar a capacidade do caminhão. Os resultados obtidos são descritos na seção seguinte.

## RESULTADOS

A distância total percorrida, ou seja, a soma das distâncias percorridas por unidade, foi de 173,5 km, como mostra a tabela 4. A distância anual é esse valor multiplicado por 365 dias no ano e depois por 2 para considerar ida e volta. O combustível consumido é a divisão da distância pelo consumo médio. E as emissões são encontradas pelo produto do combustível consumido com os fatores de emissão. A tabela 4 e a figura 4 resumem e explicitam os valores encontrados nos cálculos, total e por unidade.

Tabela 4: Emissões por unidade.

Percursos	Distância (km)	Distância anual (km)	Combustível consumido (l)	Emissão CO <sub>2</sub> (kg)	Emissão CH <sub>4</sub> (kg)	Emissão N <sub>2</sub> O (kg)	Emissão CO <sub>2</sub> eq (t)
MESC	59,9	43727	13794,0	36843,79	1,3794	1,9312	37,47
MESL	53,4	38982	12297,2	32845,72	1,2297	1,7216	33,41
MESP	60,2	43946	13863,1	37028,32	1,3863	1,9408	37,66
<b>TOTAL</b>	<b>173,5</b>	<b>126655</b>	<b>39954,3</b>	<b>106717,82</b>	<b>3,9954</b>	<b>5,5936</b>	<b>108,54</b>

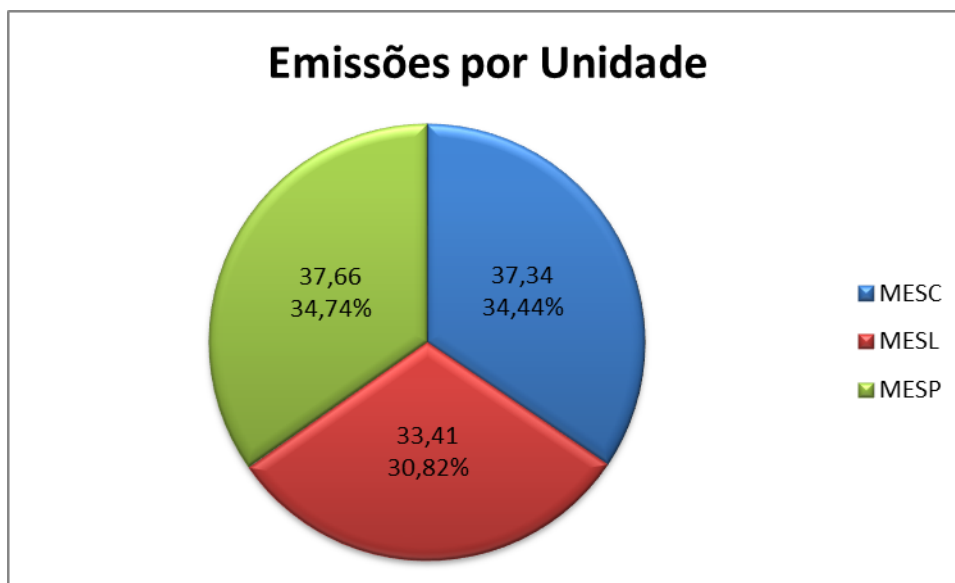


Figura 4: Emissões por unidade.

O total de emissões na região metropolitana de Salvador no ano de 2012, devido ao transporte de resíduos de estações elevatórias de esgotamento sanitário, foi de 108,54 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, e percebe-se, pelo gráfico da figura 4, que há um equilíbrio entre as emissões de cada uma das unidades em separado. Pelo resultado encontrado ser um valor tão expressivo, reforça-se a ideia de que é de extrema importância as empresas desenvolverem seus inventários de emissões de GEE com critérios rigorosos e, principalmente, traçar metas concretas para a minimização dessas emissões, tendo o cuidado de fiscalizar e verificar com a devida periodicidade se essas metas estão de fato sendo cumpridas.

## CONCLUSÕES

O setor de transporte tem grande participação no total de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. A região metropolitana estudada é a sexta maior do país, portanto, é de se esperar que as distâncias percorridas, e consequentemente as emissões pelo transporte, sejam altas. A queima de combustíveis fósseis, no caso, o óleo diesel, emite uma grande quantidade de GEEs por conta da sua baixa eficiência na queima para mover o veículo. Assim, ações que minimizem essas emissões devem ser estudadas a fundo para melhorar o cenário das mudanças climáticas.

A quantidade de resíduos encontrados no sistema público de esgotamento sanitário está diretamente relacionada com a cultura da população, isso porque grande parcela de sólidos que entra na rede de esgoto deveria ir para a coleta de resíduos sólidos do município para encaminhamento ao destino final, ou ainda, parte desses resíduos poderia ser encaminhada para cooperativas que praticam compostagem. Nesse volume de sólidos muitas vezes se encontram restos de alimentos, cascas, sementes e gorduras.

Sobre a areia presente na rede, esta dificilmente pode ser eliminada, mas pode ser reduzida consideravelmente caso a manutenção da rede seja feita de forma criteriosa, pois esta normalmente entra nas rachaduras e pontos vulneráveis existentes na tubulação.



A substituição do veículo e do tipo de combustível utilizado é uma possibilidade de se reduzir as emissões que pode ser buscada a longo prazo. Outras ações relevantes são: a utilização de veículos com maior capacidade, minimizando o número de viagens, a melhoria contínua na logística do transporte, reduzindo ao máximo as distâncias percorridas, a mudança no processo evitando a geração de resíduos, quando possível, entre outras.

As normas vigentes sobre o transporte de resíduos referem-se ao transporte de resíduos urbanos, otimizando a coleta reduzindo ao máximo o percurso morto, e também levando em conta as questões de tráfego e de ruído para a população. Existem também normas que tratam dos resíduos perigosos, tendo como objetivo o transporte seguro desses materiais, sem representar perigo à população, aos trabalhadores envolvidos e ao meio ambiente. Por outro lado, não existem normas referentes ao percurso realizado no transporte de resíduos de um modo geral, cabendo ao profissional que coordena essa etapa estabelecer o menor percurso, diminuindo assim os gases liberados para a atmosfera.

É importante lembrar que esse estudo deve ser estendido a todo o estado da Bahia, o quarto mais populoso do país, e também para as estações elevatórias de abastecimento de água. Para um levantamento mais próximo do real, deve-se conhecer o percurso exato do caminhão, bem como o número de viagens feitas por ano, sua capacidade e a média de consumo de combustível de cada veículo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, Ricardo Teixeira Gregório de; SANTOS, Enilson Medeiros dos. Quantificação das emissões de gases efeito estufa – GEEs – segundo matriz energética Diesel ou GNV no transporte público por ônibus em Natal – RN. 2009. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/271/252>>. Último acesso em: 19/04/2015.
2. BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia. Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. 2009. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0207/207624.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0207/207624.pdf)>. Último acesso em: 19/04/2015.
3. EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Relação das ETES MES 2013. Comunicação por correio eletrônico.
4. GHG PROTOCOL. Categorias de Escopo 3 – Programa Brasileiro GHG Protocol. Disponível em: <[http://ghgprotocolbrasil.com.br/arquivos/150/Ferramenta\\_GHG\\_Protocol\\_v2012.0.1.xlsx](http://ghgprotocolbrasil.com.br/arquivos/150/Ferramenta_GHG_Protocol_v2012.0.1.xlsx)>. Último acesso em: 28/09/2014.
5. GHG PROTOCOL. Programa Brasileiro. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/o-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>>. Último acesso em: 19/04/2015.
6. GONÇALVES, José Manoel Ferreira; MARTINS, Gilberto. Consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa no transporte de cargas no Brasil. 2008. Disponível em: <[http://www.brasileingenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao586/Art.Transportes\\_1.pdf](http://www.brasileingenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao586/Art.Transportes_1.pdf)>. Último acesso em: 19/04/2015.
7. GRI. Elaboração de Relatórios de Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/languages/Portuguesebrazil/Pages/Elabora%C3%A7%C3%A3o-de-relat%C3%B3rios-de-sustentabilidade.aspx>>. Último acesso em: 19/04/2015.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=29&search=bahia>>. Último acesso em: 25/09/2014.
9. IEA. Energy Technology Perspectives. Disponível em: <<http://www.iea.org/etp/>>. Último acesso em: 19/04/2015.
10. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Fifth Assessment Report (AR5). 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>>. Último acesso em: 19/04/2015.
11. KIPERSTOCK, Asher; NASCIMENTO, Francisco Ramon Alves do; KIPERSTOCK, Alice Costa. O tratamento em separado da urina e das fezes é uma solução viável ou uma utopia? Revista DAE. Revista online. Maio de 2010.
12. LIMA, Gisele Sant'Anna de; GUIMARÃES, Lucy Teixeira. Metodologia para Seleção de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário Municipal. In: 21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-097.pdf>>. Último acesso em: 23/09/2014.
13. MATTOS, Thaís de Moraes. Análise de projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa no setor de transportes – Estudo de caso dos BRTs no Rio de Janeiro. 2011. 86 p. Monografia (Projeto de Graduação em

- Engenharia Sanitária e Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.
14. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Primeiro inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários – relatório final. Janeiro de 2011. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Último acesso em: 25/09/2014.
  15. NASCIMENTO, Francisco Ramon Alves do. Saneamento Sustentável na atenuação dos efeitos da alteração do ciclo global do nitrogênio. 2011. 124 p. Dissertação – Programa de Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.
  16. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tópicos Sobre Ações de Mitigação no Saneamento realizadas pela SABESP. 2010. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/COP16\\_portugues.ppt](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/COP16_portugues.ppt)>. Último acesso em: 19/04/2015.
  17. SANTOS, Jamile Oliveira; ANDRADE, José Célio Silveira; MARINHO, Márcia Mara de Oliveira; ROBLES, Adalberto Noyola; GUERECA, Leonor Patrícia. Estimativas de Emissões de GEE Devido ao Transporte de Resíduos em Estações Elevatórias de Esgoto e Emissário Submarino na Cidade de Salvador, Bahia, Brasil. In: XXXIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Monterrey, 2014. Anais do XXXIV congresso AIDIS, 2014.
  18. THE WORLDWATCH INSTITUTE. Estado do Mundo 2013: A Sustentabilidade Ainda é Possível? 1 ed. Salvador: UMA Editora, 2013. 224 p.
  19. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Inventário e cenário de emissões dos gases de efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1712030/DLFE-222982.pdf/NelsonSINVENTARIOFINALMAC\\_Resumo\\_Geral\\_Inv\\_e\\_Cenario\\_v05abr\\_E.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1712030/DLFE-222982.pdf/NelsonSINVENTARIOFINALMAC_Resumo_Geral_Inv_e_Cenario_v05abr_E.pdf)>. Último acesso em: 19/04/2015.