

QUANTIFICAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE DE RESÍDUOS: Estudo de caso da UFBA

QUANTIFICATION OF GREENHOUSE GASES EMISSIONS ON WASTE TRANSPORTATION: UFBA Case Study

Vinicius Nascimento Matos

Engenheiro Sanitarista e Ambiental UFBA. (vi_nm@hotmail.com)

Jamile Oliveira Santos

Engenheira Sanitarista e Ambiental UFBA. Doutorado em Engenharia Industrial UFBA. Analista de Saneamento na Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (jamile.aia@gmail.com)

Márcia Mara de Oliveira Marinho

Engenheira Sanitarista. PhD Ciências Ambientais, Universidade de East Anglia- Reino Unido. Professora Associada IV do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia. (marma@ufba.br)

José Célio Silveira Andrade

Engenheiro Químico UFBA. Doutorado em Administração UFBA. Professor Associado IV do Departamento de Administração da UFBA. (icelio.andrade@gmail.com)

Resumo

Tendo em vista a importância do estudo das mudanças climáticas e a necessidade de enriquecer a bibliografia referente ao assunto, este artigo tem como objetivo analisar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no transporte de resíduos na Universidade Federal da Bahia, em Salvador, estado da Bahia. A metodologia envolveu a pesquisa de dados referentes ao fluxo de resíduos na instituição em 2014 e a busca de fatores de emissão existentes na literatura. O cálculo das emissões e conversão para tCO₂eq foi feito através de uma planilha *Excel*® e as distâncias percorridas foram obtidas pelo *Google Maps*®. Com o resultado encontrado de 94,96 tCO₂eq e com dados de população e área fornecidos pela Universidade, foi possível traçar indicadores, a fim de tornar esses dados comparáveis com outras universidades brasileiras e do exterior.

Palavras chave: Emissões de Gases de Efeito Estufa, Universidades, Transporte de Resíduos.

Abstract

In view of the importance of the study of climate change and to enrich the literature relative to the subject, this paper aims analyze the emission of Greenhouse Gases (GHG) in waste transportation at Universidade Federal da Bahia (UFBA), at Salvador, Bahia State. The methodology involved data research referring to the waste stream in the institution in 2014 and search for emission factors on literature. The calculation of emissions and conversion to tCO₂e was done through an *Excel*® spreadsheet and the traveled distances were obtained by *Google Maps*®. With the result found of 94,96 tCO₂eq and with population and area data provided by University was possible to trace indicators, in order to make these data comparable with other Brazilian and abroad universities.

Keyword: Greenhouse Gases Emissions, Universities, Waste Transportation.

1 - INTRODUÇÃO

Mudanças Climáticas é um tema que vem ganhando cada vez mais importância e notoriedade devido às suas possíveis causas e consequências globais. Apesar de controverso, há consenso que a temperatura média cresceu mais acentuadamente na era conhecida como Antropoceno, ou seja, quando o homem se torna o maior responsável pelas condições ambientais (NASCIMENTO, 2011). Isso reforça o fato de que a ação antrópica pode ter relação direta com o aquecimento global.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC em inglês) é a principal referência mundial quando o assunto é mudanças climáticas. O IPCC divulga periodicamente seus relatórios com os estudos desenvolvidos na área. O mais recente relatório, divulgado em 2014, deixa claro que existe grande influência das atividades humanas no sistema planetário, e que as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) decorrentes dessas atividades nunca foram tão expressivas como atualmente (IPCC, 2014).

Os limites planetários são aqueles que, caso ultrapassados, podem provocar uma mudança brusca no sistema do Planeta, e o aquecimento global é um dos limites planetários que já foi ultrapassado (ROCKSTRÖM et al., 2009).

Considerando que a principal causa antrópica do aquecimento global são as emissões de GEE, é importante avançar na quantificação desses gases, como instrumento para viabilizar a construção de metas concretas de redução e mitigação. O número de inventários de emissões de GEE vem crescendo, mas ainda é baixo em relação ao total de corporações e instituições existentes, sobretudo as universidades. A contribuição de tais instituições é importante na medida em que estas podem induzir a redução das emissões. Os resultados dos inventários de universidades ajudam a identificar principais fontes emissoras e propor medidas de redução. Tais conclusões podem ser úteis, inclusive, em outros

setores, além de fazerem parte do contexto global da redução de emissões.

Além disso, o setor de transporte é o segundo maior responsável por emissões de CO₂, de acordo com o Inventário Brasileiro de Emissões, segundo dados de 2005 (BRASIL, 2009). Esses aspectos demonstraram a importância e oportunidade de aplicar as metodologias existentes de inventários de emissões em setores de universidades ou nessas instituições como um todo. Este é o inventário nacional mais recente publicado. Existem outras publicações mais novas como as estimativas anuais, porém, com menor acurácia, o que compromete a precisão das informações. Por esse motivo, preferiu-se utilizar o dado de 2005 em vez de outro mais atual.

O presente estudo de caso teve como objeto a Universidade Federal da Bahia (UFBA), uma das maiores universidades do país. A UFBA apresentava, em 2013, 2.701 professores, 3.197 servidores e 32.254 discentes regularmente matriculados, perfazendo um total de população fixa de 38.152, excluindo visitantes e servidores terceirizados. A área territorial dos campi é de 6.367.561,90m² e área construída de 354.265,79m², distribuída em 32 unidades universitárias (UFBA, 2014a). A tabela 1 mostra os principais números da UFBA.

Neste artigo, após as principais conclusões observadas na análise das emissões de GEE devidas ao transporte de resíduos nos *campi* da UFBA de Salvador, compararam-se os indicadores esboçados com os resultados encontrados por outras instituições de ensino superior, possibilitando avaliar o desempenho da UFBA no contexto atual.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Inventários de Emissões e os Resíduos Sólidos

O inventário de emissões de GEE é um documento cujo conteúdo consiste em apontar as atividades da instituição ou corporação que emitem gases e quantificar as emissões decorrentes das mesmas. Um inventário completo contempla todas as

atividades que forem possíveis e que resultem em emissões, tanto diretas quanto indiretas.

As metodologias de elaboração de inventários de GEE mais empregadas na atualidade são: (i) *GHG Protocol*, que classifica as emissões por escopos e apresenta toda sua ferramenta de cálculo gratuitamente (FGV/EAESP, 2011); (ii) *Carbon Disclosure Project* (CDP), voltado

principalmente para o contexto empresarial, com foco nas oportunidades de negócio decorrentes das mudanças climáticas e com o objetivo de evitar o comprometimento da cadeia de produção (CDP, 2016); (iii) ISO 14.064 (ISO, 2006); e (iv) relatórios do modelo *Global Reporting Initiative* (GRI), que são relatórios de sustentabilidade mais gerais, os quais também contemplam os GEE (GRI, 2013).

Tabela 1: Números da UFBA, ano-base 2013

Ano de fundação	1946	Algumas unidades já existiam, e foram incorporadas à UFBA quando da sua fundação.
Número de <i>campi</i>	2	Considerando apenas Salvador, excluindo os <i>campi</i> no interior do Estado.
Estudantes	32.254	
Docentes	2.701	Destes, 2.233 são do quadro permanente e 468 são substitutos ou temporários.
Funcionários	3.197	Apenas funcionários próprios, excluindo terceirizados.
Área territorial (m²)	6.367.561,90	
Área construída (m²)	354.265,79	
Cursos de graduação	94	Apenas Salvador.
Cursos de pós-graduação	189	Apenas Salvador.
Unidades universitárias	32	15 no <i>campus</i> Ondina e 10 no <i>campus</i> Canela.
Pavilhões de aula	9	Ambos os <i>campi</i> .
Documentos disponíveis em repositório institucional	12.502	Entre artigos, livros, teses, dissertações, monografias e outros.
Orçamento executado (R\$)	1.482.318.513	

Fonte: Elaboração própria, com base em UFBA (2014a).

As vantagens de elaborar um inventário de emissões são: economia financeira, melhoria da imagem da corporação, redução de possíveis multas ou encargos referentes às leis ambientais, antecipação de possíveis exigências legais, entre outras (MATOS, 2016).

No que tange à mitigação de emissões relacionadas à geração de resíduos sólidos, a estratégia de mitigação mais recomendada é a redução na geração de resíduos em si. Podem-se citar outras formas, como o plantio de árvores para sequestro de carbono e a mudança na

logística de transporte, incluindo, se possível, a substituição do modal rodoviário por outro menos poluente, como o ferroviário ou o hidroviário.

A geração de resíduos sólidos está associada à emissão de GEE de diversas maneiras. No caso de disposição em aterro sanitário, a decomposição do resíduo libera, sobretudo, dióxido de carbono, metano, amônia e o gás sulfídrico (BRASIL, 2015). No caso de reciclagem, o processo envolve o consumo de energia, água, e a operação de equipamentos. Já em relação à incineração, são emitidos para a

atmosfera, entre outros gases, óxido nitroso e dióxido de carbono. Em todos os casos anteriores, é necessário o transporte do resíduo da fonte geradora ao local de tratamento ou disposição, e consequentemente esse transporte consome combustíveis fósseis que liberam GEE.

2.2 - Emissões de GEE no Transporte e o Contexto das Universidades

Existem outros estudos que abordam a emissão de GEE no setor do transporte. Matos *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2014a) tiveram como objeto o transporte de resíduos em uma empresa de saneamento. Já Ribeiro e Andrade (2016) detalham como foi elaborado o inventário de emissões de uma companhia de eletricidade brasileira, trazendo em seu artigo um tópico sobre o transporte, o qual incluiu viagens a trabalho, cujo resultado foi de 660,58 tCO₂eq nas viagens aéreas e de 56,31 tCO₂eq nas viagens terrestres; transporte dos empregados, cujo resultado foi 1.197,30 tCO₂eq; e transporte de bens e serviços adquiridos com 11.083,16 tCO₂eq, para o ano de 2014. Dado interessante desse estudo aponta que apenas quatro das 63 companhias elétricas brasileiras têm inventários de emissões.

O inventário do município de São Paulo aponta que, em 2003, o uso direto de combustíveis fósseis emitiu 10.562 GgCO₂eq, em que, destes, 78,54% corresponderam ao setor de transporte (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2005). No Rio de Janeiro, em 2005, o setor de transporte foi responsável por 65% das 8.464,8 tCO₂eq do setor de energia (PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO, 2010). Já em Salvador, o transporte representou 74% e o setor de resíduos representou 8% de um total de emissões de 3.698.964 tCO₂eq (PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR, 2015; VIRGENS; ANDRADE, 2016).

Tendo como base os inventários de outras universidades, destacam-se os documentos produzidos pela Universidade de São Paulo (USP); pela De Montfort University (DMU), no Reino Unido; Universidad Nacional Autónoma de México

(UNAM); Norwegian University of Technology and Science (NTNU), na Noruega; Universidad de Madrid, na Espanha; Tongji University, em Xangai, na China; e universidades americanas participantes do *American College and University President's Climate Commitment* (ACUPCC) (USP, 2013; OZAWA-MEIDA *et al.*, 2013; GÜERECÁ *et al.*, 2013; LARSEN *et al.*, 2013; ALVAREZ *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2015; KLEIN-BANAI; THEIS, 2013).

Em 2012, a Universidade de São Paulo (USP) emitiu 21.314 tCO₂eq, sendo 6.867 tCO₂eq respectivas ao setor de transporte. A Universidade apontou como indicadores: emissão *per capita*, cujo resultado foi de 0,115 tCO₂eq/pessoa, e emissões por área construída, cujo resultado foi de 8,2 tCO₂eq/m². Ressalta-se que os indicadores estão relacionados apenas ao *campus* da capital (USP, 2013).

Um estudo feito para a Montfort University (DMU), localizada em Leicester (Reino Unido), apresentou os seguintes dados: 21.585 estudantes, 3.995 funcionários e 128.215 m² de área interna bruta, para o período de 2008 a 2009 (OZAWA-MEIDA *et al.*, 2013). A metodologia do trabalho da DMU foi semelhante à utilizada no presente estudo, ou seja, fez uso de fatores de emissão, seguiu a classificação de escopos do *GHG Protocol*, contemplando os escopos 1, 2 e 3 para o inventário da DMU. O total de GEE emitido pela DMU, entre os anos de 2008 e 2009, foi de 51.080 tCO₂eq e, destes, 29% estavam relacionados ao transporte, sendo que 18% do total das emissões foi devido ao transporte diário de alunos e funcionários, e 8% referentes às viagens dos alunos até suas cidades de origem (OZAWA-MEIDA *et al.*, 2013).

Na UNAM, a pegada de carbono do *Instituto de Ingeniería*, na cidade do México, incluindo os três escopos, foi de 1.577 tCO₂eq, dos quais 42% foram devidos ao consumo de eletricidade, 50% aos transportes e o restante aos demais usos. Os cálculos foram feitos com base no ano de 2010. A população total da unidade universitária foi de 1.076 pessoas. Os indicadores gerados foram: 1,46 tCO₂eq *per capita*, 0,06 tCO₂eq/m² de área

construída, 22 tCO₂eq por artigo publicado em jornal indexado no *Journal Citation Report* e 0,04 tCO₂eq por dólar obtido do orçamento federal e de serviços de consultoria e de pesquisa de organizações privadas e governamentais. Os autores também concluíram que os transportes pendulares, ou seja, o deslocamento diário de alunos, professores e funcionários de casa ao *campus*, são os que mais contribuem para o total de emissões de GEE da Universidade. Como forma de mitigação, foram propostos quatro cenários, sendo que o cenário ideal para a redução do valor inclui o transporte solidário (caronas) e a redução de idas ao *campus* para apenas três vezes por semana, com as demais atividades sendo feitas a distância, o que significaria uma grande mudança no comportamento da população em geral (GÜERECA *et al.*, 2013).

É importante destacar que o transporte emitiu 789 tCO₂eq (50% da pegada de carbono total), sendo 90% destes pelo transporte pendular. O escopo 3 representou 53% das emissões do Instituto de Engenharia da UNAM, enquanto que na DMU foi 79%, na Universidade de York, 61%, na Universidade de Lancaster, 53% e na Universidade Yale, 55%. Não é possível atribuir essa diferença a algum fator em específico pelo fato de que os limites inventariados nem sempre são os mesmos em cada inventário (GÜERECA *et al.*, 2013).

Na NTNU, a pegada de carbono calculada foi de 4,6 toneladas de CO₂eq por estudante, no ano de 2009, sendo que os departamentos de engenharia, ciências naturais e medicina contribuíram muito mais para esse valor do que os departamentos de ciências sociais e humanas. A referida Instituição possui mais de 20.000 estudantes e 5.500 funcionários, divididos em sete faculdades e 53 departamentos. As viagens foram responsáveis por 16% do total de 92.000 toneladas de CO₂eq de emissões da Universidade (LARSEN *et al.*, 2013).

Na Escola de Engenharia Florestal da Universidade de Madrid, a pegada de

carbono total no ano de 2010 foi de 2.147 tCO₂eq, dos quais 169 tCO₂eq (8%) correspondem ao escopo 1, 703 tCO₂eq (33%) ao escopo 2, e 1.275 tCO₂eq (59%) ao escopo 3. A instituição possui 1.150 alunos e 235 funcionários, incluindo professores. A área do terreno é de 9,7 ha, dos quais 4,8 ha são de floresta e 4,9 ha de área construída. As despesas e investimentos, no ano de 2010, totalizaram €767.391. Dessa forma, a pegada de carbono por aluno seria de 1,87 tCO₂eq, ou 1,55 tCO₂eq, caso se incluam os funcionários. A pegada por hectare de *campus* é 221,30 tCO₂eq/ha e a pegada por euro adquirido de 2,81 tCO₂eq/€. O estudo ainda conclui que a categoria materiais é responsável por 31% das emissões totais, energia elétrica, 10%, e recursos florestais, 9% (ALVAREZ *et al.*, 2014).

Li *et al.* (2015) estudaram a pegada de carbono de estudantes da Tongji University, em Xangai, na China. Concluiu-se que cada estudante emite anualmente 3,84 tCO₂eq, em média. Porém, esse estudo difere um pouco da atual pesquisa e das demais usadas como referências, pois essa pegada de carbono calculada é de cada estudante, e não da universidade. Em outras palavras, são incluídos o transporte que o aluno realiza para o *campus* e para passeio, as atividades cotidianas como alimentação, higiene e estudo, o consumo de energia elétrica, entre outros.

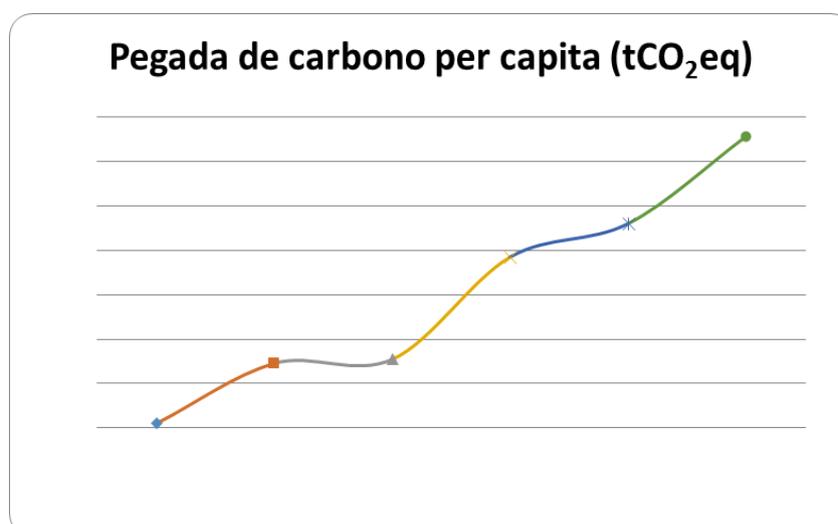
Nos Estados Unidos, mais de 670 universidades participam do *American College and University President's Climate Commitment* (ACUPCC). Destas, cerca de 448 haviam informado suas emissões de GEE, em 2009, quando as emissões totalizaram 2,61 x 10⁷ tCO₂eq, que corresponderam a 6,58 tCO₂eq por aluno. Assim, as faculdades e universidades analisadas foram responsáveis por 1,6% do total de emissões dos EUA (KLEIN-BANAI; THEIS, 2013). No estudo realizado por Klein-Banai e Theis (2013), foram aplicados modelos estatísticos para estimar as emissões de GEE de universidades usando, sobretudo, o porte como variável de entrada. Como principais conclusões, os autores apontam que a maioria das

universidades emitem até 50.000 tCO₂eq e que as instituições de maior porte, com maior quantidade de laboratórios e que possuem hospital universitário, tendem a emitir mais GEE.

A Figura 1 mostra um gráfico das emissões *per capita* das universidades mencionadas acima. Esse indicador foi escolhido para comparação por ser o único que aparece em todos os estudos pesquisados. Apesar dos valores serem

distintos, todos eles possuem a mesma ordem de grandeza, com exceção da USP. É importante observar que, enquanto algumas instituições incluem apenas alunos no cálculo do *per capita*, outras incluem toda a população dos *campi*. Sendo assim, ressalta-se que não é possível, com as informações contidas no gráfico, afirmar qual universidade possuiaria mais emissões, uma vez que os limites inventariados variam significativamente.

Figura 1: Gráfico de Pegada de carbono *per capita* das instituições de ensino analisadas



Fonte: Elaboração própria (Baseada em LI *et al.*, 2015; KLEIN-BANAI; THEIS, 2013; USP, 2013; LARSEN *et al.*, 2013; ALVAREZ *et al.*, 2014; GÜERECÁ *et al.*, 2013).

Com isso, pode-se perceber que as emissões do escopo 3, apesar de não serem de relato obrigatório, representam uma boa parcela do total de emissões, especificamente, mais de 50% em todos os casos utilizados como referência para este artigo, chegando a quase 80% em um deles. Esse fato mostra que as organizações não devem negligenciar tal tipo de emissões na confecção do relatório.

Cabe ainda ressaltar que as emissões devidas ao transporte pendular de alunos e funcionários, para alguns autores, também devem ser incluídas, já para outros, essas emissões pertencem ao modo de vida da pessoa e não estão relacionadas diretamente às atividades da universidade. Em vista disso, a escolha por um ou outro modo muda drasticamente o resultado final (ALVAREZ *et al.*, 2014).

3 – METODOLOGIA

Para estimar as emissões de GEE devidas ao transporte de resíduos nos *campi* da UFBA de Salvador, partiu-se de informações fornecidas pela própria Universidade, através da Superintendência de Infraestrutura e Meio Ambiente (SUMAI/UFBA). As informações mais relevantes para o desenvolvimento do presente estudo foram: frequência de coleta (para cada tipo de resíduo e unidade universitária), sequência de unidades percorrida, locais de disposição temporária e destinação final, e tipos de veículos utilizados em cada coleta (UFBA, 2014b).

Ao longo do levantamento de dados, constatou-se que, devido aos locais de destinação e frequências de coleta, seria mais adequado dividir os resíduos em nove

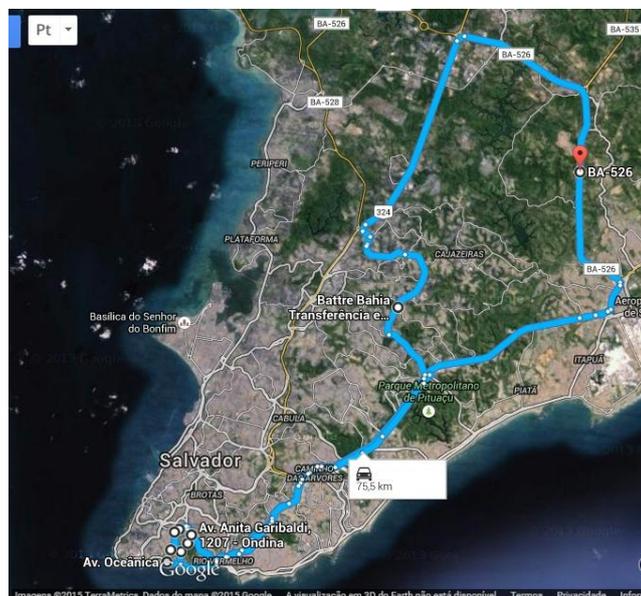
categorias: (1) Não recicláveis, (2) recicláveis, (3) interna (dentro do perímetro dos *campi*), (4) lâmpadas, (5) resíduos químicos, (6) resíduos de saúde, (7) resíduos de poda, (8) pilhas/baterias/eletrônicos e (9) cartuchos/*tonners*.

De posse dessas informações, e usando o *Google Maps*®, foi possível estimar as distâncias percorridas na coleta de cada classe de resíduos. Os cálculos subsequentes foram feitos em uma planilha *Excel*®. As distâncias encontradas são multiplicadas pelo número anual de viagens para obter a distância total anual percorrida

(nesse caso, essas distâncias já contemplam o caminho de ida e volta, exceto para transporte por transportadora, pois esta utiliza os mesmos veículos para outros tipos de transportes).

Na Figura 2, apresenta-se um exemplo de mapa utilizado, que se refere ao percurso dos resíduos não recicláveis, entre o *campus* Ondina e o Aterro Metropolitano de Salvador, passando pela estação de transbordo. Foram gerados 15 mapas semelhantes a esse para obter todas as distâncias necessárias para os cálculos.

Figura 2: Exemplo de mapa do percurso dos resíduos UFBA



Fonte: MATOS (2016), extraído de *Google Maps*®.

A razão entre essa distância e o consumo médio de cada veículo representa o volume de combustível consumido por cada um destes. De acordo com o Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, os valores são: 7,61km/L_{diesel} para caminhões leves (Peso Total Bruto PTB maior que 3,5t e menor que 10t); 5,56km/L_{diesel} para caminhões médios (PTB maior que 10t e menor que 15t); e 3,17km/L_{diesel} para caminhões pesados (PTB maior que 15t) (BRASIL, 2011).

O caminhão utilizado pela UFBA possui PTB abaixo de 10t (caminhão leve).

Infelizmente, não foi possível conseguir dados precisos sobre os outros caminhões, dessa forma, consideraram-se como caminhões leves os veículos utilizados na coleta de lâmpadas e recicláveis; caminhões pesados, os veículos utilizados por transportadora, correios ou prefeitura; e como caminhões médios, os demais.

Para cada GEE analisado, é atribuído um fator de emissão, que depende do tipo de combustível, e foi verificado que todos os caminhões envolvidos no transporte de resíduos da UFBA são movidos a óleo diesel. O produto dos fatores de emissão pelo volume de combustível consumido

resulta no valor total de emissão do gás em questão. De acordo com o Inventário Nacional, o fator de emissão para CO₂ é 2,671kg/L (BRASIL, 2011), e segundo o IPCC, os fatores de emissão de CH₄ é de 0,0001kg/L e de 0,00014kg/L para N₂O (IPCC, 2006).

Como o resultado é expresso em CO₂ equivalente, a conversão é feita multiplicando o número encontrado para cada gás pelo seu respectivo *Global Warming Potential* (GWP), que se trata do poder de aquecimento global tendo o dióxido de carbono como parâmetro. Os valores de GWP dos gases contemplados neste estudo foram: 1 para CO₂, 25 para CH₄ e 298 para N₂O (FGV/EAESP 2014). Por fim, somam-se todos os gases calculados.

Essa metodologia é normalmente utilizada para emissões no setor de transporte (SANTOS *et al.*, 2014a; SANTOS *et al.*, 2014b; MATOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2016).

A Tabela 2 mostra a planilha desenvolvida para os resíduos não recicláveis como exemplo. Cada tipo de resíduo possui uma planilha semelhante a essa, que considera o respectivo percurso. Inserindo as distâncias extraídas dos mapas e as frequências de coleta, a planilha calcula e converte as emissões, considerando o consumo médio para cada tipo de veículo e os fatores de emissão mencionados.

Tabela 2: Exemplo de tabela para cálculo de emissões.

Emissão anual na coleta de não-recicláveis (feita pela prefeitura)

Campus	Distância (km)	Freq./ semana	Viagem /ano	Dist. total anual (km)	Comb. consumido (L)	Emissão CO ₂ (kg)	Emissão CH ₄ (kg)	Emissão N ₂ O (kg)	Emissão CO ₂ eq (t)
Ondina	75,5	3	156	11778	3715,46	9923,99	0,3715	0,52016	10,09
Canela	79,3	3	156	12370,8	3902,46	10423,5	0,3902	0,54634	10,60
Centro	80,1	6	312	24991,2	7883,66	21057,3	0,7884	1,10371	21,41
Total									42,09

Fonte: Matos (2016).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente artigo foi desenvolvido a partir dos resultados obtidos na realização de uma pesquisa para elaboração de um trabalho de conclusão de curso em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (MATOS, 2016). Na etapa de caracterização do fluxo de resíduos da Universidade, é interessante destacar os aspectos a seguir. Os resíduos recicláveis foram doados a uma cooperativa, para atender ao decreto 5.940 de 25 de outubro de 2006 (BRASIL, 2006), enquanto que os resíduos não recicláveis e orgânicos (predominantemente restos de alimentos dos restaurantes) foram coletados pela

prefeitura municipal de Salvador e enviados ao aterro sanitário dessa cidade. Resíduos de poda foram encaminhados diretamente pela UFBA ao aterro sanitário de Salvador; as lâmpadas, destinadas a uma empresa de reciclagem; resíduos químicos e de saúde, a aterros apropriados; enquanto que pilhas/baterias/eletrônicos e cartuchos/tonners foram direcionados via correio para logística reversa.

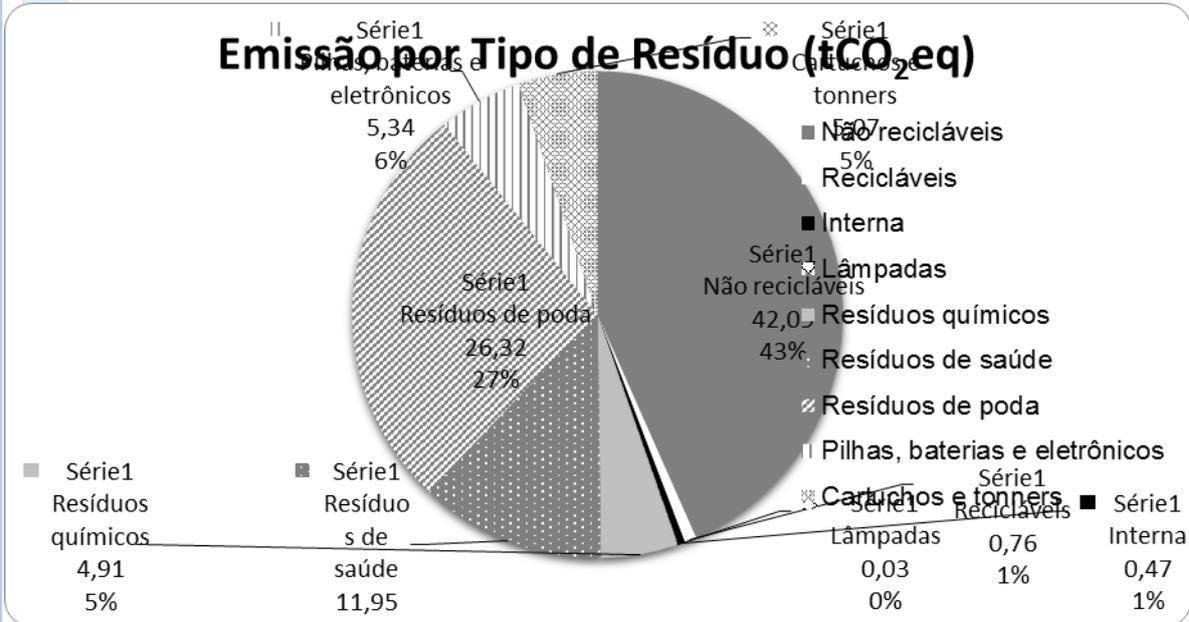
A frequência de coleta é de três vezes por semana (*campi* Ondina e Canela) e seis vezes por semana (unidades do centro) para resíduos não recicláveis, realizada juntamente com o restante dos resíduos sólidos urbanos. Para poda, a frequência é diária e são necessários três caminhões; para resíduos recicláveis, é

semanal; enquanto que para os demais resíduos, a frequência depende da demanda. No que tange aos veículos utilizados para transporte, os resíduos de poda são feitos por caminhão caçamba; os não recicláveis, por caminhão

compactador; e o restante, por caminhão baú (UFBA, 2014b).

Os resultados encontrados a partir dos cálculos descritos na seção "Metodologia" permitiram ser apresentados em forma gráfica, conforme a Figura 3.

Figura 3: Emissões por tipo de resíduo, obtidas no estudo em 2014.



Fonte: Matos (2016).

Analisando os dados contidos na Figura 3, é possível afirmar que os resíduos não recicláveis são responsáveis pela maior parcela das emissões, o que pode ser explicado devido à alta frequência de coleta, à dispersão espacial das unidades universitárias, e ao fato de o veículo utilizado ter sido caracterizado como caminhão pesado. O segundo maior valor equivale aos resíduos de poda, e os motivos seriam a alta frequência de coleta (diária) e o fato de serem necessários três veículos para esse transporte. Ressalta-se que no caso dos resíduos de serviços de saúde, terceiro maior responsável pelas emissões, a frequência de coleta também é considerável. Em relação aos resíduos químicos, pilhas/baterias/eletrônicos e cartuchos/tonners, apesar de a frequência de coleta ser baixa, o local de destinação final é muito distante dos campi, neste caso, em outros estados brasileiros.

Os resultados acima obtidos demonstram que avaliar o fluxo de resíduos da universidade e determinar quais categorias de resíduos mais contribuem para o total de emissões são imprescindíveis para viabilizar a criação de metas e estabelecer prioridades que permitam reduzir as emissões.

Sendo assim, a forma mais eficaz de reduzir as emissões no caso em estudo é diminuir a própria geração de resíduos. Por outro lado, existem desafios inerentes a essa ação, uma vez que a mesma envolve a sensibilização e as mudanças de hábito de toda a comunidade universitária. Entretanto, essa medida não se aplica aos resíduos de poda, pois não se recomenda a redução da área verde presente nos campi, porém, pode-se reduzir a necessidade de transporte desse tipo de resíduo, por exemplo, através da

implantação da técnica de compostagem no próprio *campus* da UFBA.

Por não ser possível substituir a modalidade de transporte, pode-se estudar se existem veículos menos poluentes ou mesmo a substituição do combustível usado, por outro menos poluente, como exemplo, cita-se o biodiesel. A adoção de caminhões maiores reduz a quantidade de viagens necessárias, entretanto, quanto maior o seu porte, menor o rendimento do veículo (isto é, mais combustível ele consome), o que pode tornar essa atitude pouco produtiva, além do risco de o resíduo permanecer mais tempo nos locais de acondicionamento, produzindo mau cheiro e atraindo e abrigando vetores de doenças.

Portanto, é recomendável o reaproveitamento de resíduos sempre que possível. Como o exemplo dado acima, os resíduos de poda podem ser empregados em aulas práticas de compostagem, além da implantação de composteiras dentro da própria área verde dos *campi*. Essa atitude, além de reduzir a necessidade de transporte desses resíduos, ajuda também nas ações de plantio de espécies nativas desenvolvidas pela Universidade. Para os resíduos que são destinados a outros estados, a oportunidade de redução das emissões seria a mudança do local de destino para outros mais próximos da Instituição. Cabe ressaltar que o transporte de resíduos representa gastos para a UFBA, exceto o de resíduos coletados pela prefeitura ou por cooperativas de reciclagem.

De modo a tornar comparável o resultado encontrado neste estudo de caso com o de outras instituições universitárias, calcularam-se os indicadores Emissões *per capita* e Emissões por Área Construída. Com isso, o total de emissões no transporte de resíduos foi de 96,94 toneladas de CO₂ equivalente, das emissões per capita, foi de 2,54 kg/pessoa e das emissões por área construída, de cerca de 0,274 kg/m².

Obviamente, os números obtidos para a UFBA são muito inferiores aos resultados observados nos estudos mencionados na seção "Emissões de GEE em Universidades", isto porque o presente

trabalho quantificou apenas as emissões no transporte de resíduos, enquanto que esses trabalhos citados contemplaram todos os escopos.

Além disso, deve-se ter cuidado ao comparar inventários de universidades, pois muitos fatores acabam interferindo nos resultados. Em primeiro lugar, os fatores de emissão são calculados levando em conta algumas informações como emissão gerada por determinada matriz energética. Assim, quando se muda a matriz energética (por exemplo, hidráulica, termelétrica, eólica, solar, entre outras, relacionadas à geração de energia elétrica), ou muda-se o tipo de combustível (por exemplo, no transporte rodoviário, pode ser gasolina, etanol, diesel, biocombustível) e, até mesmo, o grau de pureza dos mesmos, consequentemente os fatores de emissão se alterarão.

Além disso, é necessário deixarem claros os limites inventariados. Alguns trabalhos não incluem o escopo 3, enquanto que outros não incluem as emissões devidas ao consumo de água e ao tratamento de efluentes e resíduos, e têm ainda aqueles que não consideram as emissões associadas ao processo produtivo de bens adquiridos. A comparação de valores só será adequada se os trabalhos comparados possuírem os mesmos limites e as mesmas metodologias adotadas.

Outros fatores responsáveis por grandes diferenças dos resultados encontrados em inventários de instituições universitárias seriam a distribuição espacial/geográfica, os hábitos do público envolvido e a disponibilidade de transporte público. Se a universidade tiver mais de um *campus*, quanto mais afastados forem estes, as emissões tendem a ser mais elevadas. Os hábitos locais são importantes, já que determinam o tipo de transporte que a comunidade universitária usa, pois se a cidade possui bom sistema de transporte público, esse fato tende a diminuir as emissões, enquanto que se o transporte público for ineficiente e a população tiver maior poder aquisitivo para comprar veículos particulares, as emissões tendem a aumentar.

Cabe ressaltar que a UFBA possui diversos programas institucionais de proteção e de defesa ambiental, tais como: Reciclagem de diversos materiais, como pilhas/baterias, papel, cartuchos/*tonners*, eletrônicos, entre outros; Aproveitamento de Óleo de Cozinha usado por restaurantes dentro da Universidade; Uso Racional de Água e Energia; Combate ao Abandono de Animais dentro dos *campi*; Defesa da Fauna e Flora, entre outros. Contudo, a UFBA não possui nenhum programa institucional de redução de emissões de GEE.

Infelizmente, as universidades brasileiras, em sua grande maioria, não têm estratégias e planos com objetivo de inventariar e nem tão pouco divulgar periodicamente os resultados de suas emissões de GEE. Os estudos nacionais existentes sobre o assunto são, em grande parte, oriundos de monografias, dissertações, teses ou artigos científicos, elaboradas através de pesquisas científicas pontuais e não de forma global. Com isso, quando o objeto da pesquisa se encerra, a prática é descontinuada.

Além disso, a maioria dos inventários de emissões de GEE publicados na literatura, de modo geral, é feita no exterior, incluindo aqueles de instituições universitárias. Tomando como exemplo, a cidade de Salvador somente publicou seu primeiro inventário em 2015, enquanto Madri, na Espanha, já tem larga experiência em elaboração de inventários de emissões desde 1999 (DAMENO; ANDRADE, 2016, no prelo).

5 – CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, o transporte de resíduos dos *campi* da UFBA, situados na cidade de Salvador, em 2014, foi responsável pela emissão de 96,94 toneladas de CO₂ equivalente. De posse dessa informação, foi possível obter alguns indicadores (emissões *per capita* e emissões por área construída) com o objetivo de realizar estudo comparativo com as emissões de outras universidades.

Para o caso do transporte de resíduos dos *campi* da UFBA, as emissões *per capita* (considerando estudantes e funcionários) foram de 2,54 kg/pessoa, e as emissões por área construída, de cerca de 0,274 kg/m². Destaca-se que, em ambos os casos, os valores calculados de emissão tiveram como ano base 2014, e os valores obtidos de área e de população, 2013.

Vale lembrar que os resíduos que mais contribuíram para o total de emissões foram os não recicláveis, poda e saúde, o que pode ser explicado principalmente pela alta frequência de coleta. Já para os resíduos químicos, pilhas/baterias/eletrônicos e cartuchos/*tonners*, as emissões obtidas possuem como motivo a grande distância entre a Universidade e o local de destinação final.

Entre as possíveis formas de reduzir as emissões verificadas, são indicadas: (i) reduzir a geração de resíduos, quando possível (por exemplo, o uso de compostagem no próprio *campus* da UFBA para os resíduos de poda e outros resíduos orgânicos); (ii) pesquisar outros tipos de veículos e combustíveis; e (iii) estudar locais de disposição final mais próximos da instituição.

Como limitações observadas neste estudo, destacam-se: (i) muitos dos transportes não são feitos apenas com resíduos da UFBA, distorcendo o valor final; (ii) ausência de informações mais precisas sobre percursos e veículos; e (iii) uso de indicadores internacionais, que podem não representar fielmente a realidade brasileira.

Em vista do exposto, sugere-se que os próximos estudos quantifiquem o restante das emissões da UFBA, para que se possa produzir um inventário completo das emissões de GEE da Instituição. Da mesma forma, espera-se que esse trabalho possa estimular outras universidades brasileiras a quantificarem também suas emissões de GEE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, S.; BLANQUER, M.; RUBIO, A. Carbon footprint using the compound method based on financial accounts: the case of the

School of Forestry Engineering, Technical University of Madrid. **Journal of Cleaner Production** [on line], v. 66, p. 224-232, mar. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006**. Brasília, 25 out. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm>. Acesso em: 08 dez. 2016.

_____. MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0207/207624.pdf>. Último acesso em: 08 dez. 2016.

_____. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuossolidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterrosanitario>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

_____. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**: Relatório Final. Brasília, Jan. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

CDP – Carbon Disclosure Project. **CDP: about us**. Londres, 2016. Disponível em: <<https://www.cdp.net/enUS/Pages/About-Us.aspx>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

DAMENO, A.; ANDRADE, C. **Cities and greenhouse gas emissions: the cases of Madrid-Spain and Salvador de Bahia-Brazil**. Madrid, 2016, no prelo.

FGV/EAESP – Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas. **O Programa Brasileiro GHG Protocol**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/o-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

_____. **Informações Técnicas: Ciclo 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://s3-sa-east1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/163/GHG_InformacoesTecnicas_Ciclo_2014.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

GRI – Global Reporting Initiative. **G4 Diretrizes para Relato de Sustentabilidade**: Manual de Implementação. Amsterdã, 2013.

GÜRECA, L.P.; TORRES, N.; NOYOLA, A. Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. **Journal of Cleaner**

Production [on line], v. 47, p. 396-403, mai. 2013.

IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 – Energy, Chapter 3 – Mobile Combustion**. Geneva, 2006. Disponível em: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

_____. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva, 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 14064**. S.l. 2006. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:38381:en>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

KLEIN-BANAI, C.; THEIS, T.L. Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education. **Journal of Cleaner Production** [on line], v. 48, p. 29-38, jun. 2013.

LARSEN, H.N.; PETERSEN, J.; SOLLI, C.; HERTWICH, E.G. Investigating the carbon footprint of a University – The case of NTNU. **Journal of Cleaner Production** [on line], v. 48, p. 39-47, jun. 2013.

LI, X.; TAN, H.; RACKES, A. Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. **Journal of Cleaner Production** [on line], v. 106, p. 97-108, nov. 2015.

MATOS, V.N. **Estimativa de emissões de gases de efeito estufa devido ao transporte de resíduos nos Campi da UFBA de Salvador**. 2016. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

_____; SANTOS, J.O.; MARINHO, M.M. O.; ANDRADE, J.C.S. Estimativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em estações elevatórias de esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Salvador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABES, 2015. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/VI-082.pdf>>. Acesso em: 13/08/2016.

NASCIMENTO, F.R.A. **Saneamento sustentável na atenuação dos efeitos da alteração do ciclo global do nitrogênio**. 2011. 124 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

OZAWA-MEIDA, L.; BROCKWAY, P.; LETTEN, K.; DAVIES, J.; FLEMING, P. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. **Journal of Cleaner Production** [on line], v. 56, p. 185-198, out. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. **Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa de Salvador**. Salvador, 2015. Disponível em: <http://www.sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/institucional/inventario-de-emissao-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 08 dez. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo**: Síntese. São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/sinteseinventario_1250796710.pdf. Acesso em: 08 dez. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. **Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro**: Resumo Executivo. Rio de Janeiro, Ago. 2010. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2421_Inventario_de_Emissoes_de_Gases_do_Efeito_Estufa_da_Cidade_do_Rio_de_Janeiro.pdf. Acesso em: 08 dez. 2016.

RIBEIRO, C.; ANDRADE, C. Greenhouse gas inventory of a Brazilian Electricity Distribution Company. In: INTERNATIONAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT RESEARCH SOCIETY CONFERENCE, 22., 2016, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2016.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN III, F.S.; LAMBIN, E.; LENTON, T.M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H.; NYKVIST, B.; DE WIT, C.A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P.K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R.W.; FABRY, V.J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society** [on line], v. 14, n. 2, art. 32, 2009. Disponível em: <http://www.Ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>. Acesso em: 08 dez. 2016.

SANTOS, J.O.; ANDRADE, J.C.S.; MARINHO, M.M.O.; ROBLES, A.N.; GUERECAL, L.P. 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: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 34., 2014, Monterrey. **Anais...** Monterrey: AIDIS, 2014a.

BERETTA, M.; RIBEIRO, C. An analysis of greenhouse gas (GHG) emission of supply chain activities of a Brazilian Water And Wastewater Company. In: IWA WATER, ENERGY AND CLIMATE CONFERENCE, 2014, Cidade do México. **Anais...** Cidade do México, 2014b.

GUERECAL, L.P.; ROBLES, A.N.; HERNANDEZ, L.P.G. Greenhouse gas inventory of a state water and wastewater utility in Northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production** [on line], v.104, p.168-176, out. 2015.

Estimativa de emissões de GEE devido ao transporte de resíduos em estações elevatórias de esgoto na área de atuação da EMBASA – Bahia Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, Cidade do México, v.9, p.75-88, abr. 2016.

UFBA – Universidade Federal da Bahia. **UFBA em números 2014**: Ano Base 2013. Salvador, 2014a. Disponível em: <http://www.proplan.ufba.br/sites/proplan.ufba.br/files/UFBA%20em%20numeros%202014%20ano%20base%202013%20%281%29.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2016.

Relatório Anual 2014: Coordenação de Meio Ambiente – SUMAI. Salvador, 2014b.

USP – Universidade de São Paulo. **Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade de São Paulo**. São Paulo, Jan. 2013. Disponível em: http://www.sga.usp.br/wpcontent/uploads/Relatorio-final-USP_2013-janeiro.pdf. Acesso em: 08 dez. 2016.

VIRGENS, T.; ANDRADE, C. Inventário de emissões de gases de efeito estufa da Cidade de Salvador, Bahia, Brasil: o caso do setor de resíduos. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE MODELOS E PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE, 1., 2016, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2016.