

EMISSIONS OF GASES OF GREENHOUSE EFFECT FROM THE WASTE SECTOR FROM SALVADOR/BAHIA: COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS AND GAPS FOUND IN THE FIRST AND SECOND INVENTORY

GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM THE WASTE SECTOR FROM SALVADOR:
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS AND GAPS FOUND IN THE FIRST AND
SECOND INVENTORY

Suzana Más Rosa^a, Andréa Cardoso Ventura^a, José Célio Silveira Andrade^a, Jamile Oliveira Santos^a,
Thiago Alexsandro Novaes das Virgens^a

^aUniversidade Federal da Bahia - UFBA

suzana_masrosa@yahoo.com.br, andreaventurassa@gmail.com, j.celio.andrade@gmail.com, jamile.aia@gmail.com,
thiagodasvirgens@gmail.com

Submissão: 29 de março de 2022

Aceitação: 19 de julho de 2022

Resumo

A cidade de Salvador está buscando implementar novas tecnologias de baixo carbono e estabelecer um processo de gestão dos riscos e oportunidades representados pelas mudanças climáticas desde que publicou seu primeiro Inventário de Emissões dos Gases de Efeito Estufa, em 2016. A continuidade destas ações é vista com a publicação de seu segundo inventário, em 2020. A bibliografia existente sobre inventários urbanos de Gases de Efeito Estufa (GEE) comprova a importância e potencial de contribuição das cidades no enfrentamento das mudanças climáticas. O inventário é o instrumento de acompanhamento e controle destas emissões, portanto sua qualidade é fundamental para subsidiar a proposição de ações mitigatórias. Um dos desafios apontados pela comunidade científica consiste na comparabilidade dos inventários urbanos de GEE. Este trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa dos resultados do Setor de Resíduos apresentados no primeiro e segundo Inventário de Emissões dos Gases de Efeito Estufa de Salvador e identificar lacunas importantes ainda existentes. Assim, pretende-se contribuir para promover melhorias em suas próximas revisões e atualizações. Considerando a metodologia de aferição adotada e após análise dos resultados apresentados, foram identificadas oportunidades de aperfeiçoamentos para o Setor de Resíduos, considerados insuficientes nos dois inventários de Salvador/Bahia.

Palavras chave: Inventário de Emissões de GEE; Global Protocol for Community; Resíduos; Salvador.

Abstract

The city of Salvador is seeking to implement new low carbon technologies and establish a process for managing the risks and opportunities represented by climate change since it published its first inventory about of the Greenhouse Gas Emissions in 2016. The continuity of these actions is seen with the publication of its second inventory, in 2020. The existing bibliography on urban inventories of Greenhouse Gas Emissions (GHG) proves the importance and potential of cities to contribute to tackling climate change. The inventory is the instrument for monitoring and controlling these emissions, so its quality is fundamental to support the proposal of mitigating actions. One of the challenges pointed out by the scientific community is the comparability of urban GHG inventories. This work has as main objective to carry out a comparative analysis of the results of the Waste Sector presented in the first and second Inventory of Emissions of Greenhouse Gas Emissions in Salvador and to identify important gaps that still exist. Thus, it is intended to contribute to promoting improvements in its next revisions and updates. Considering the measurement methodology adopted and after analyzing the results presented, opportunities for improvement were identified for the Waste Sector, considered insufficient in the two inventories in Salvador.

Keywords: GHG Emissions Inventory; Global Protocol for Community; Waste, Salvador/BA.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com os impactos sociais, ambientais e econômicos das mudanças climáticas tem levado os setores públicos e privados brasileiros a discutir e a se engajar nas iniciativas relacionadas à mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e à adaptação aos novos riscos climáticos (SALVADOR, 2016).

A emissão de gases de efeito estufa (GEEs) é reconhecida como a principal causa das alterações climáticas. Em termos globais, 75% da geração desses gases se origina em atividades urbanas, como transporte, construção, indústria e energia (BAI et al., 2018). Segundo o Climate Watch (2018), em 2016 o consumo de energia foi a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa causadas por seres humanos, responsável por 73% das emissões mundiais, seguido por agropecuária (12%); uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura (6,5%); processos industriais de produtos químicos, cimento e outros (5,6%); e resíduos, incluindo aterros e águas residuais (3,2%).

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG, o Brasil ocupou o quinto lugar entre os maiores emissores de GEE do mundo em 2019, com 3,2% do total de emissões. As mudanças de uso da terra e o desmatamento foram responsáveis por 44% do total de emissões. A agropecuária contribuiu com 28%, o setor de energia com 19%. O setor de processos industriais e uso de produtos, gerou 5% do total das emissões. O setor de resíduos foi responsável por 4% do total. A maior parte das emissões provenientes do Setor de Resíduos estão associadas à disposição de resíduos sólidos em aterros controlados, lixões e aterros sanitários (65%), embora o tratamento de efluentes líquidos domésticos e industriais, a incineração ou queima a céu aberto e o tratamento biológico também contribuam com a geração de GEE (SEEG, 2019).

As cidades são os principais responsáveis pelas emissões de gases causadores do efeito estufa e, assim, pela intensificação das mudanças climáticas; porém também exercem papel importante no enfrentamento dos efeitos desse fenômeno a partir da adoção de medidas de

mitigação das emissões de GEE e de adaptação climática (RYAN, 2015).

O Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa é o instrumento que tem como principal objetivo calcular e relatar as emissões de GEE provenientes das atividades humanas. A elaboração de inventários municipais é uma atividade que adquiriu maior impulso recentemente, com o crescimento das coalizões de cidades e da ampliação do discurso sobre a importância da contribuição do modo de vida e consumo urbano para o aumento das emissões de GEE globais (CONCEIÇÃO, 2021). Um dos desafios apontados pela comunidade científica consiste na comparabilidade dos inventários urbanos de GEE. A comparabilidade pode ser interpretada como uma forma de aprimorar o inventário, porque permite ampliar o conhecimento a partir da identificação das diferenças e da observação de oportunidades de melhoria a partir das demais experiências (ALVES, 2017).

O Município de Salvador publicou seu primeiro Inventário de Emissões de GEE em 2016, tendo o ano de 2013 como ano-base das contabilizações. A publicação da sua atualização foi realizada em 2020, tendo como anos-base 2014 a 2018 (SALVADOR, 2016; 2020). Conforme relatado em ambos os inventários, uma das principais limitações foi a disponibilidade e qualidade dos dados sobre as fontes de emissões de GEE, especialmente para o Setor de Resíduos. Sendo assim, este trabalho tem como principal objetivo realizar uma análise comparativa dos resultados do Setor de Resíduos entre os dois Inventários de Emissões dos Gases do Efeito Estufa de Salvador/Bahia, como também identificar lacunas importantes e contribuir com o aprimoramento de suas próximas revisões.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Diversos estudos mostram que a abordagem utilizada na contabilidade de GEE pode impactar significativamente os resultados dos inventários de GEE nas cidades. Dependendo da abordagem de contabilidade de carbono adotada, algumas fontes de emissão de GEE podem ser negligenciadas ou subestimadas (ANDRADE et

al., 2018; SUDMANT et al., 2018).

O IPCC Guidelines foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para contabilizar emissões nacionais, porém o método também passou a ser utilizado para quantificar emissões locais. No caso das cidades, a ausência de um padrão globalmente determinado para a elaboração de inventários urbanos, fez com que as cidades desenvolvessem seus próprios métodos (CONCEIÇÃO, 2021).

Os inventários municipais elaborados a partir da metodologia GPC (*Global Protocol for Community - Scale Greenhouse Gas Emission Inventories/Protocolo Global para Emissões de GEE na Escala da Comunidade*), desenvolvida em 2014 pelo ICLEI (*Local Governments for Sustainability*), WRI (*World Resources Institute*) e C40 (*Climate Leadership Group*), podem ser agregados em níveis subnacionais e nacionais, considerando diferentes setores e subsetores. O método GPC estabelece cinco princípios para a elaboração de inventários. Seguir esses princípios é necessário para que seja feito um inventário de qualidade para ser utilizado como ferramenta para tomadas de decisões. De acordo com o GPC (2022), os cinco princípios seriam:

- **Relevância:** o inventário deve refletir de forma apropriada as emissões de GEE do governo e deve ser organizado de modo a refletir as áreas sob as quais a prefeitura exerça controle e possua responsabilidade;
- **Abrangência:** todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras escolhidas para o inventário devem ser contabilizadas, cujas exclusões devem ser justificadas;
- **Consistência:** devem ser empregadas metodologias consistentes para a identificação das fronteiras, coleta e análise dos dados e quantificação das emissões;
- **Transparência:** as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente, a fim de possibilitar o rastreamento para as futuras revisões e replicações. As fontes de dados e hipóteses assumidas no inventário devem ser disponibilizadas;
- **Exatidão:** a quantificação das emissões de GEE não devem ser

sistematicamente sub ou supervalorizadas.

Segundo estudo publicado por Leão et al. (2019) analisando 24 cidades brasileiras, foram identificadas várias lacunas em seus inventários de GEE. Dezesete inventários não refletiram adequadamente as emissões que ocorrem como resultado de atividades e padrões de consumo das cidades avaliadas. Vinte relatórios apresentaram falta de transparência sobre premissas, dados de *input*, fonte de dados de *input*, fatores de emissão, métodos e ou limitações nos cálculos. Tais informações são de grande importância para subsidiar a elaboração de novos inventários de GEE com maior embasamento, e também permitir a implementação de medidas de mitigação e adaptação relacionadas a cada setor avaliado.

A metodologia GPC estabelece seis grandes setores de atividade potencialmente emissores de GEE: (i) Energia Estacionária; (ii) Transporte; (iii) Resíduos; (iv) Processos industriais e uso de produtos (IPPU); (v) Agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU); e (vi) Outras Emissões Indiretas. Estes setores ainda são desagregados em subsetores, de acordo com as atividades desenvolvidas em cada localidade. O inventário deve agrupar as emissões através de abordagens distintas, porém complementares tais como: emissões por escopo e emissões induzidas pela cidade.

a) **Emissões por escopo:** distingue as emissões que ocorrem dentro da fronteira da cidade (Escopo 1), das emissões que ocorrem fora da fronteira da cidade (Escopo 3) e daquelas que são decorrentes do uso de energia elétrica abastecida por rede (Escopo 2). Isto possibilita que inventários de diferentes cidades possam ser agregados mais facilmente, através do Escopo 1, evitando-se a dupla contagem de emissões.

b) **Emissões induzidas pela cidade:** contabiliza as emissões das atividades de produção e consumo que ocorrem na cidade, incluindo algumas emissões que ocorrem fora do limite da cidade, mas são decorrentes das atividades internas. A depender da relevância e da disponibilidade de dados, estas emissões podem ser consideradas em dois níveis: (i) BASIC: Inclui emissões do Escopo 1 para energia estacionária, transportes e resíduos; emissões do Escopo 2 para energia estacionária e transportes; e emissões do Escopo 3 para resíduos; e (ii) BASIC+: Envolve dados e cálculos mais desafiadores, incluindo também as emissões de

IPPU e AFOLU (Escopo 1), bem como as emissões das perdas na distribuição da energia elétrica e do transporte interurbano (Escopo 3).

O nível de complexidade da abordagem de coleta de dados e metodologia de cálculo é representado pelas classes de rigor ou *tiers*. Usualmente são estabelecidos três tipos de *tiers*. O *Tier 1* é o método básico e agregado, o *Tier 2* é intermediário e o *Tier 3* é o método mais exigente. Os *Tiers 2* e *3* também são chamados de *tiers* superiores e são considerados mais acurados (IPCC, 2019).

As emissões devem também ser relatadas por gás inventariado. A metodologia GPC propõe que sejam inventariados os sete gases relatados no Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃). Também é recomendado que o reporte das emissões biogênicas seja feito separadamente. As emissões biogênicas correspondem às emissões da queima de biomassa, por exemplo, para a produção de biocombustíveis (WRI, 2014).

No que tange o Setor de Resíduos, o GPC divide em quatro Subsetores: (i) Disposição de Resíduos Sólidos, (ii) Tratamento Biológico, (iii) Incineração e (iv) Disposição e Tratamento de Efluentes. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019). Apesar da contribuição do Setor de Resíduos ser menor em relação aos outros setores, as atividades desenvolvidas para sua gestão geram gases de efeito estufa e contribuem para agravar ainda mais as mudanças climáticas. No Brasil, quase 30 milhões de toneladas de (RSU são destinadas anualmente a lixões e aterros controlados e menos de 4% dos resíduos coletados são reciclados. O país ainda permanece com um sistema linear de gestão de resíduos sólidos urbanos, apesar da vigência de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos desde 2010 que incentiva um sistema com mais circularidade (ABRELPE, 2021).

A prática de disposição final em aterros sanitários, sem a recuperação do biogás para a produção de energia, é desencorajada devido à emissão de GEE. Esses aterros, normalmente, quando sedimentados e fechados, não possuem aeração e, com isso, torna-se propícia a proliferação de bactérias anaeróbias, produzindo, conseqüentemente, o biogás, rico em metano

(SOUZA et al. 2019).

As etapas de gerenciamento dos resíduos sólidos também geram emissões de GEE, seja por meio dos combustíveis fósseis utilizados para as atividades de coleta e transporte, como do tratamento dado aos resíduos (TACHIBANA, 2019). De acordo com o IPCC (2019) são considerados como Tratamento Biológico a compostagem, a digestão anaeróbia do lixo orgânico e o tratamento mecânico biológico. Em relação à incineração, são emitidos para a atmosfera, entre outros gases, óxido nitroso e dióxido de carbono. Em todos os casos, é necessário o transporte do resíduo da fonte geradora ao local de tratamento ou disposição, e conseqüentemente esse transporte consome combustíveis fósseis que também liberam GEE (MATOS et al., 2017).

As dificuldades encontradas para a gestão dos RSU tem grande potencial de ser revertida, a partir das disposições do Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), que alterou a Lei Federal nº 11.445/2007 e determina que a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos deve ser assegurada por meio de instrumento de remuneração com cobrança dos usuários. Portanto, há uma obrigação instituída por Lei Federal para que haja cobrança pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, sob pena de restar configurada renúncia de receita, no âmbito da Lei de Responsabilidade Fiscal. A revisão do Plano Nacional de Saneamento de 2019 e o novo Marco Legal de Saneamento estabelecem como meta a universalização do acesso a serviços de saneamento até 2033 (ABRELPE, 2021).

Diversas ações estão sendo realizadas pelo Brasil no enfrentamento às questões climáticas. Com o compromisso de consolidar uma economia de baixo de carbono e em manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, o país tem como meta ampliar o uso de fontes de energias renováveis no mercado interno, aumentando a quota de energia eólica, da biomassa e solar para o mínimo de 23% até 2030 (BRASIL, 2015). Diferentes programas criados pelo Governo Federal visam a diversificação da matriz energética, transformar os resíduos uma fonte de energia e renda, além de obedecer a normas de programas ambientais mundiais, como o Protocolo de Quioto e o Mecanismo de

Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL é um dos instrumentos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, cujo objetivo é auxiliar o cumprimento das metas de redução de emissão de GEE (ALVES, 2017).

No entanto, uma das principais limitações dos inventários de GEE das cidades brasileiras é a não disponibilidade de dados sobre as fontes de emissão, principalmente com relação ao setor de resíduos. Os inventários não refletem com exatidão e transparência as emissões de GEE que ocorrem nesse setor (LEAO et al., 2022). Logo, reduzir essas limitações é crucial para aprimorar a elaboração de novos inventários de GEE e aumentar a eficácia das ações de mitigação das emissões do setor.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo, foi realizada pesquisa documental e revisão da literatura técnica e científica referente ao tema, além de consulta minuciosa aos dois inventários de emissões dos GEE do município de Salvador. A comparação dos inventários foi realizada confrontando-se os resultados obtidos entre o total de emissões dos setores por abordagem de escopos e por abordagem de emissões induzidas, assim como as emissões dos quatro subsetores que compõem o Setor de Resíduos: Disposição de Resíduos Sólidos, Tratamento Biológico, Incineração e Disposição e Tratamento de Efluentes. Os dados foram compilados em tabelas e posteriormente transformados em gráficos para serem comparados. O Subsetor de Tratamento Biológico não foi avaliado nos dois inventários por suas emissões terem sido consideradas inexpressivas.

O primeiro Inventário foi elaborado entre os anos de 2014 e 2015 e publicado em 2016, tendo 2013 como ano-base. Sua elaboração foi realizada pela empresa de consultoria Pangea Capital, como resultado de uma parceria entre o WRI (*World Resources Institute*) e a Secretaria Municipal de Sustentabilidade, Inovação e Resiliência de Salvador (SECIS), com fundos provenientes do governo britânico. A atualização do Inventário foi realizada pela empresa WayCarbon, em parceria com ICLEI e WWF (*World Wide Fund for Nature*), contratada pela Prefeitura Municipal de Salvador através da Secretaria Municipal de Cultura e Turismo (SECULT), dentro do Programa de

Desenvolvimento do Turismo (PRODETUR). O segundo Inventário foi elaborado em 2019 e publicado em 2020, tendo como anos-base o período de 2014 a 2018.

A metodologia empregada para a elaboração dos dois inventários baseou-se no método GPC, anteriormente mencionado, específico para avaliações em âmbito comunitário. Conforme explicado, o método determina diferentes setores nos quais as atividades emissoras podem ser alocadas. O primeiro Inventário de Salvador não contemplou os setores “Processo Industrial e uso de produtos” (IPPU) e “Agricultura, florestas e uso da terra” (AFOLU), pois, segundo a Prefeitura Municipal, as emissões destes setores não são relevantes, devido à ausência de grandes indústrias ou pólos industriais e de atividades agrícolas de grande porte e da irrelevante taxa de desmatamento do município no ano de 2013, ano-base do Inventário (SALVADOR, 2016). O segundo Inventário passou a contemplar as emissões do setor AFOLU, mas não considerou emissões oriundas dos setores IPPU e “Outras Emissões Indiretas”, pelo fato de não terem sido identificadas fontes dessas emissões no período de 2014 a 2018 (SALVADOR, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, tendo em vista o objetivo deste artigo, serão detalhados e discutidos os resultados do primeiro e segundo Inventários de Emissões dos Gases do Efeito Estufa de Salvador, com enfoque para o Setor de Resíduos.

4.1. Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Salvador

A população estimada para os cálculos do primeiro Inventário foi de 2.902.927 habitantes e o PIB percapita de R\$ 13.732,75. Em relação aos GEE avaliados, as principais emissões foram provenientes de CO₂, seguido de CH₄ e N₂O. Os cálculos dessas emissões foram realizados utilizando a medida de “toneladas de gás carbono equivalente” (tCO₂e), ou seja, todos os gases são equiparados ao gás carbônico em termos de impacto ao efeito estufa, para utilizar uma medida padrão. Não foram identificadas emissões de HFC, PFC, SF₆ e NF₃.

Considerando o reporte por escopo, em 2013, a cidade de Salvador emitiu um total de

3.698.964 tCO₂e, sendo que 3.242.166 tCO₂e (88%) seriam emissões de Escopo 1; 366.395 tCO₂e (10%) de Escopo 2; e apenas 90.402 tCO₂e (2%) de Escopo 3. As emissões biogênicas, contabilizadas e relatadas em uma categoria à parte, totalizaram 1.454.344 tCO₂e, equivalendo a 39,3% das emissões totais.

Para reportar as emissões induzidas, foi utilizado o método BASIC, que abrange as principais fontes de emissão existentes em Salvador. O total de emissões induzidas foi 3.661.647 tCO₂e. Considerou-se que 11% das

emissões de resíduos que ocorrem dentro dos limites geográficos do município não são provenientes de suas próprias atividades (trata-se de resíduos gerados por outro município e dispostos no aterro sanitário de Salvador, que também recebe resíduos dos municípios de Lauro de Freitas e Simões Filho). A Tabela 1 apresenta uma compilação dos dados sobre o total de emissões por abordagem de escopos e abordagem de emissões induzidas do primeiro Inventário de Salvador para ano-base 2013.

Tabela 1. Total de emissões por abordagem de escopos e abordagem de emissões induzidas do primeiro inventário de Salvador (2013).

Setor		Total por escopo (tCO ₂ e)			Total por emissões Induzidas (tCO ₂ e)
		Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	BASIC
Energia estacionária		303.734	366.395	-	670.129
Transporte		2.729.700	-	-	2.729.700
Resíduos	Gerado na cidade	205.218	-	90.402	261.818
	Gerado fora da cidade	3.515	-	-	-
Total por escopo		3.242.166	366.395	90.402	3.661.647
Total		3.698.964			

Fonte: Salvador (2016)

Ressalta-se que os resíduos sólidos de Salvador são tratados em aterro localizado no próprio município. Na época em que o primeiro Inventário foi elaborado, a incineração era realizada pela empresa SERQUIP, situada fora de seu território. Entretanto, como informado, o aterro de Salvador também recebe resíduos de outros municípios. Estas emissões ocorrem dentro do município de Salvador, mas não são induzidas pelas suas atividades; portanto, não foram incluídas no total de emissões. As emissões oriundas da incineração de resíduos de serviços de saúde são as únicas de Escopo 3 consideradas no Inventário, uma vez que esses resíduos foram gerados em Salvador e tratados fora dos limites geográficos da cidade.

Em relação aos setores, o Setor de Transporte foi o principal emissor de GEE (74%), seguido pelo Setor Energia Estacionária (18%) e, por fim, pelo Setor Resíduos, que emitiu 299.135 tCO₂e, correspondendo a 8% de participação nas

emissões. Para o Setor de Resíduos, foram consideradas as emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros, dos resíduos destinados à incineração e provenientes do tratamento de efluentes sanitários. O subsetor de Disposição de Resíduos foi responsável por 11 % das emissões em 2013, totalizando 31.103 tCO₂e, seguido pelo subsetor de Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos, representando 59% das emissões, com 177.630 tCO₂e e depois o subsetor de Incineração, que contribuiu com a emissão de 90.402 tCO₂e, o que corresponde a 30% das emissões do Setor.

4.1.1. Disposição de Resíduos

A disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros contribuiu com 31.103 tCO₂e em 2013 na cidade de Salvador.

Através da análise dos dados de atividades

do Inventário de Salvador e dos resultados apresentados no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2013, disponível no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013), observou-se que há divergência entre os dados apresentados no Inventário e no SNIS. Segundo os dados reportados no Inventário, em 2013, foram dispostos no Aterro Metropolitano Centro (AMC) 840.443 toneladas de resíduos sólidos urbanos, bem como 107.069 toneladas de resíduos gerados fora da cidade, mas aterrados em Salvador. Isto ocorreu em função do AMC também recepcionar os resíduos gerados nos municípios de Lauro de Freitas e Simões Filho. Entretanto, segundo o Diagnóstico disponível no SNIS, o AMC recebeu um total de 914.099,60 toneladas de resíduos oriundos da cidade de Salvador, 87.918,70 toneladas da cidade de Lauro de Freitas e 25.491,80 toneladas da cidade de Simões Filho em 2013. Sendo assim, tem-se como oportunidade de melhoria a validação e consolidação dos dados com os sistemas de informações oficiais disponíveis para garantir maior precisão dos cálculos.

O Plano Básico de Limpeza Urbana, elaborado pela prefeitura municipal, publicado em 2012, indicou que apenas 1% dos RSU é coletado seletivamente pelas cooperativas cadastradas na prefeitura de Salvador, e a maior parte dos resíduos gerados são orgânicos e potencialmente recicláveis (SALVADOR, 2012). No entanto, conforme o SNIS, em 2013, a taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana foi de apenas 1,25% e a unidade de compostagem de Salvador não estava em operação. Portanto, apesar do potencial para compostagem e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em Salvador, preponderantemente eles são encaminhados para o aterro sanitário.

Em relação ao biogás gerado no aterro, não foi considerada no Inventário a existência da Usina Termoverde Salvador, que foi inaugurada em 2011. A usina foi projetada para atender uma cidade de cerca de 219 mil habitantes e toda a energia gerada seria comercializada independentemente da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) (PASINI, 2011). Também não foi mencionado a existência de um projeto de MDL no aterro, implantado em 2004 para a queima de metano e a geração de crédito de carbono que foi

desenvolvido pela Vega Engenharia Ambiental SA através da BATTRE, responsável pela administração do AMC, em Salvador.

Outro ponto a ser considerado é o tratamento do chorume gerado no aterro sanitário. Segundo dados apresentados pela Empresa de Limpeza Urbana de Salvador (LIMPURB), o chorume é tratado pela Cetrel S.A., empresa especializada no tratamento de resíduos e efluentes localizada no Pólo Industrial em Camaçari e, posteriormente, é destinado para o oceano através de emissário submarino. Contudo, não foi mencionado no Inventário se o tratamento do chorume foi considerado nos cálculos para as emissões reportadas.

4.1.2. Tratamento de Efluentes Líquidos

As emissões provenientes do Tratamento de Efluentes Líquidos representaram 59% entre os subsetores, com um total de 177.630 tCO₂e no primeiro Inventário. No Inventário foram apresentados os quantitativos de emissões dos efluentes gerados e tratados através de dados obtidos da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA). Entretanto, não foram identificados, na ferramenta de cálculo, os dados dessas atividades no período avaliado.

4.1.3. Incineração

Neste subsetor, foram reportadas um total de 90.402 tCO₂e geradas pela incineração, representando 30% das emissões entre os subsetores avaliados. Além disso, foram submetidos a tratamento térmico por incineração cerca de 396,45 toneladas de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), em 2013. Entretanto, as emissões calculadas consideraram apenas os RSS destinados para tratamento térmico por incineração executado por uma única empresa, a SERQUIP Tratamento de Resíduos, localizada em Simões Filho. No entanto, Salvador dispõe de outros fornecedores desse serviço, cujas contribuições não foram consideradas. Ressalta-se também que no SNIS não dispõe da massa de RSS coletada per capita em 2013 para Salvador, cujo dado poderia também ser considerado para melhorar o cálculo das emissões.

Por fim, as possíveis emissões oriundas dos tratamentos de resíduos Classe I (industrial) gerados em Salvador no ano-base avaliado também não foram contabilizadas no Inventário, a

exemplo de óleos lubrificantes, resíduos contaminados por óleos e graxas, fluidos de cortes, tintas, entre outros, os quais são demandadas pela construção civil, empresas de manutenção mecânica, de usinagem e oficinas mecânicas do município. Neste sentido, avaliar e determinar os provedores dos serviços de tratamento de RSS e resíduos industriais gerados no município de Salvador que realizam incineração e coprocessamento, bem como quantificar suas contribuições nas emissões de GEE, são necessárias e devem ser consideradas como melhorias para futuros inventários de Salvador.

4.2. Resultados do Segundo Inventário de Emissões dos Gases de Efeito Estufa de Salvador

As emissões do município de Salvador avaliadas no período de 2014 a 2018 totalizaram 16.798.000 tCO₂e. A população estimada para os cálculos do segundo inventário foi de 2.872.347 habitantes e PIB percapita de R\$21.231,48. Considerando o reporte por escopo, dessas 16.978.000 tCO₂e emitidas pela cidade de Salvador, 13.507.000 tCO₂e (80%) foram emissões de Escopo 1; 1.940.000 tCO₂ (12%) de Escopo 2; e 1.351.000 tCO₂e (8%) de Escopo 3. As emissões biogênicas contabilizadas separadamente totalizaram 5.709.201 tCO₂e, equivalendo a 34% das emissões totais. Já as emissões renováveis do Inventário de GEE de Salvador compreenderam emissões provenientes da queima do biogás na usina Termoverde Salvador para a geração de energia. Para o setor de transportes, as emissões renováveis foram provenientes da queima de etanol anidro (misturado na gasolina) e hidratado, e do biodiesel presente na composição do diesel. No que tange ao Setor de Resíduos, as emissões foram provenientes da queima do biogás no aterro metropolitano. Ressalta-se que também foram contabilizadas as emissões de origem renovável referentes ao Escopo 1.

Os dados de geração de RSU e local de tratamento foram obtidos junto à LIMPURB. Os dados de resíduos enviados para incineração foram reportados pela empresa TRR Tratamento de Resíduos apenas para os anos de 2017 e 2018, enquanto que para os anos de 2014 a 2016, os dados foram estimados considerando a representatividade dos resíduos para incineração

frente ao total de resíduos gerados no município. Também foram considerados os resíduos não coletados no município, obtidos através da taxa de coleta de resíduos disponível no SNIS. Os dados de recuperação de gás no aterro e queima no *flare* e na Termoverde Salvador foram fornecidos pela empresa BATTRE.

O total de emissões induzidas foi 2.643.622 tCO₂e, pois, da mesma forma que adveio em 2013, uma parte das emissões do Setor de Resíduos que ocorrem dentro dos limites geográficos do município não seriam provenientes de suas atividades (resíduos gerados por outro município e dispostos no aterro de Salvador).

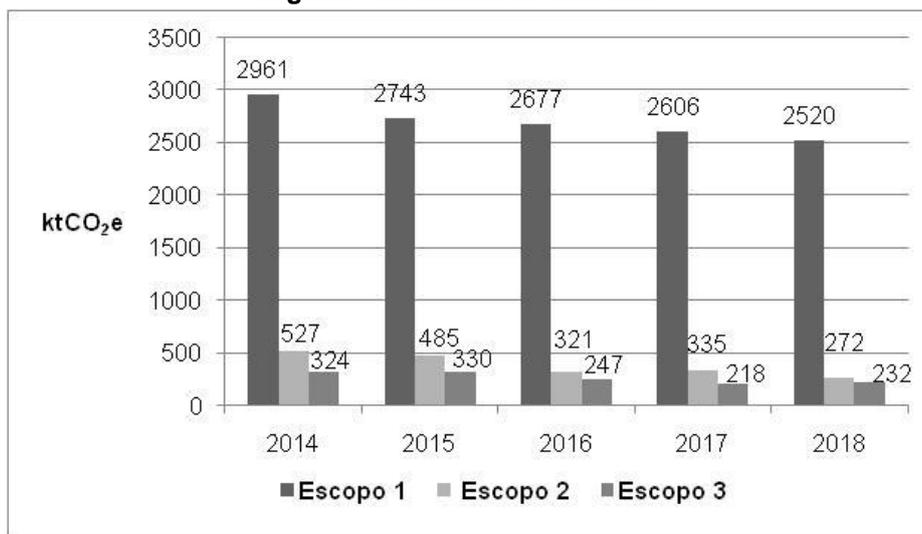
Ao considerar as emissões dos diferentes setores avaliados, o Setor de Transporte foi o principal emissor de GEE (65,6%), seguido pelo Setor Energia Estacionária (21,9%) e, por fim, pelo Setor de Resíduos que, por sua vez, emitiu 409.424 tCO₂e/ano, correspondendo a 12,6% de participação nas emissões. Já o Setor AFOLU mitigou cerca de 0,1% das emissões.

A Figura 1 apresenta os dados sobre as emissões por abordagem de escopos do segundo inventário de Salvador.

Conforme mencionado, o aterro de Salvador recebe resíduos de outros municípios, portanto, esses valores não foram incluídos no total de emissões nos dois inventários. Adicionalmente, no segundo Inventário, foram estimados os resíduos que não são coletados e são dispostos em aterros irregulares da cidade através da informação da taxa de coleta de resíduos para Salvador disponível no SNIS. As emissões desses resíduos, não coletados e dispostos em pontos ilegais no município, representaram 6,6% do total das emissões do subsetor disposição de resíduos sólidos.

Pode-se observar que o subsetor Disposição de Resíduos Sólidos seria o mais representativo no período de 2014 a 2108, responsável por em média 58% das emissões, totalizando 1.123.793 tCO₂e, seguido pelo subsetor de Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos com a emissão de 690.194 tCO₂e (média de 35%) e depois o subsetor de Incineração com 127.343 tCO₂e (média de 7%). Similar ao primeiro inventário, o tratamento biológico de resíduos também não foi contemplado no segundo Inventário devido a baixa representatividade desses tratamentos.

Figura 1. Total de emissões por abordagem de escopos do segundo Inventário de Salvador



Fonte: Elaboração própria com base em SALVADOR (2020)

4.2.1. Disposição de Resíduos Sólidos

O segundo Inventário reportou um total de 1.123.793 tCO₂e geradas pela disposição de resíduos sólidos no período de 2014 a 2018. Os resíduos sólidos gerados em Salvador foram destinados para o aterro AMC em Salvador e para os aterros fora da cidade (aterro de inertes Águas Claras e aterro Hera Ambiental).

O aterro AMC possui estação de recuperação do biogás gerado que recupera cerca de 60% do biogás, garantindo uma queima de metano da ordem de 99% nos *flares* e 95% nos motores da Usina Termoelétrica Termoverde para geração de energia. O dióxido de carbono gerado pela queima do biogás é categorizado como renovável, logo foram consideradas as emissões fugitivas de biogás do aterro e da ineficiência de queima, sendo que a parcela de biogás utilizada para geração de energia foi reportada na categoria *I. Energia Estacionária* e a parcela restante na categoria *III. Resíduos*. Para os resíduos sólidos tratados fora do limite da cidade foram consideradas as emissões apenas do aterro Hera Ambiental, pois o aterro de Águas Claras recebe resíduos inertes provenientes de construção (SALVADOR, 2020).

Para o cálculo das emissões provenientes da destinação de resíduos sólidos em aterros, foram coletadas as quantidades de resíduos gerados no município e destinados para aterros nos limites e fora dos limites do município e os resíduos de outros municípios que são recebidos

no aterro localizado nos limites do município. Os resíduos gerados fora do município de Salvador e destinados para o Aterro Metropolitano do Centro foram mensurados, mas as emissões não foram somadas no inventário. Porém, estas foram reportadas sob a perspectiva territorial e estão detalhados no anexo F do Inventário.

Considerando os dados apresentados, não existe detalhamento sobre as fontes de emissões consideradas para os cálculos e também sobre as exclusões de fontes de emissões. Também não foram apresentados os dados sobre a quantidade de RSU (em toneladas) que foram dispostos no aterro AMC entre 2014 e 2018, como foi demonstrado no primeiro Inventário.

Outra questão a ser ressaltada foi que a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos de Salvador utilizada para a elaboração do segundo Inventário teve como referência a composição gravimétrica média dos resíduos para o ano de 2010. Sendo assim, é fundamental que seja feita a análise gravimétrica dos RSU para cada inventário, devido à importância da compreensão das distintas formas de composição dos resíduos.

4.2.2. Tratamento de Efluentes Líquidos

As emissões provenientes do Tratamento de Efluentes Líquidos representaram em média 35% das emissões entre os subsetores avaliados, com um total de 690.194 tCO₂e emitidos durante o período de 2014 a 2018.

Para tanto, foi adotada a premissa que nenhuma estação de tratamento de efluentes do município de Salvador possui sistemas de recuperação de metano. Porém, isso é um equívoco pois algumas estações realizam a recuperação e queima do metano e não foram consideradas. Já para a população não coberta pelo esgotamento sanitário, foram utilizadas as estimativas da EMBASA para o município de Salvador por ano. Nesses casos, foi considerado o lançamento direto do esgoto bruto na rede de drenagem ou diretamente no corpo hídrico adjacente à residência, por ser um perfil mais conservador de estimativas de emissões. Ressalta-se que o metano produzido no efluente não tratado e lançado em esgoto a céu aberto foi estimado, assim como o metano produzido no emissário e demais sistemas descentralizados. Porém, observaram-se algumas limitações: (i) o número de habitantes considerado para os cálculos foi estimado pela EMBASA e não usando dados mais fidedignos; (ii) o desconhecimento da parcela de habitantes atendida por fossas, cujo levantamento de dados é de responsabilidade do município.

4.2.3. Incineração

Os resíduos da área de saúde (RSS) e resíduos Classe I (industrial) gerados no município de Salvador são incinerados pela empresa TRR Tratamento de Resíduos, no município de Itabuna-BA. Assim, foram reportadas emissões de 127.343 tCO₂e provenientes da incineração de resíduos no período de 2014 a 2018, que representou em média 7% das emissões entre os subsetores. Analisando-se a evolução das emissões das categorias do setor de Resíduos entre 2014 e 2018, observou-se que houve uma redução significativa das emissões provenientes do Subsetor de Incineração no ano de 2017 e um aumento em 2018.

Isso pode ter ocorrido devido a subnotificação, pois os cálculos feitos pelo inventário somente consideraram a incineração de resíduos enviados para a TRR Tratamento de Resíduos em Itabuna, entretanto uma parte considerável dos resíduos gerados pelos hospitais públicos estaduais sediados em Salvador é incinerada na empresa Stericycle, no município de Simoes Filho -BA.

Entretanto, no documento que reporta o

inventário não há um detalhamento maior sobre os dados de incineração de RSS e nenhuma explicação ou comentário sobre os resultados apresentados referente a esse subsetor apesar da sua grande relevância para o cálculo de emissões do Setor de Resíduos. Convém salientar que como não houve fornecimento de dados por parte da Stericycle e a TRR Tratamento de Resíduos somente forneceu dados de 2017 a 2018, o inventário teve que estimar os dados de 2014 a 2016 por falta de informações sobre incineração nesse período.

4.3. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO PRIMEIRO E SEGUNDO INVENTÁRIO DE SALVADOR

Em relação aos resultados obtidos por setores, ficou evidente nos dois inventários que o Setor de Transporte foi o principal emissor de GEE do município de Salvador, seguido pelo Setor Energia Estacionária e por fim, o Setor Resíduos. Ao se comparar a proporção das emissões para o Setor de Resíduos, notou-se um aumento de 8% para 12,6% entre o primeiro e segundo inventário. Esse aumento em princípio não seria devido ao crescimento das emissões, mas pela queda das emissões totais de Salvador que foram reduzidas com o passar dos anos devido à queda do PIB.

Analisando-se as emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos e da incineração, observou-se que os valores foram muito discrepantes para o ano de 2014 em comparação a 2013. Isso pode ter ocorrido porque houve uma subnotificação dos dados para o ano de 2013 nos subsetores de disposição de resíduos e incineração. Sendo assim, identificou-se a necessidade de compatibilizar os dados obtidos nos dois Inventários, e também apresentar as informações de forma detalhada para atender dois princípios importantes que os inventários devem atender: a exatidão e a transparência.

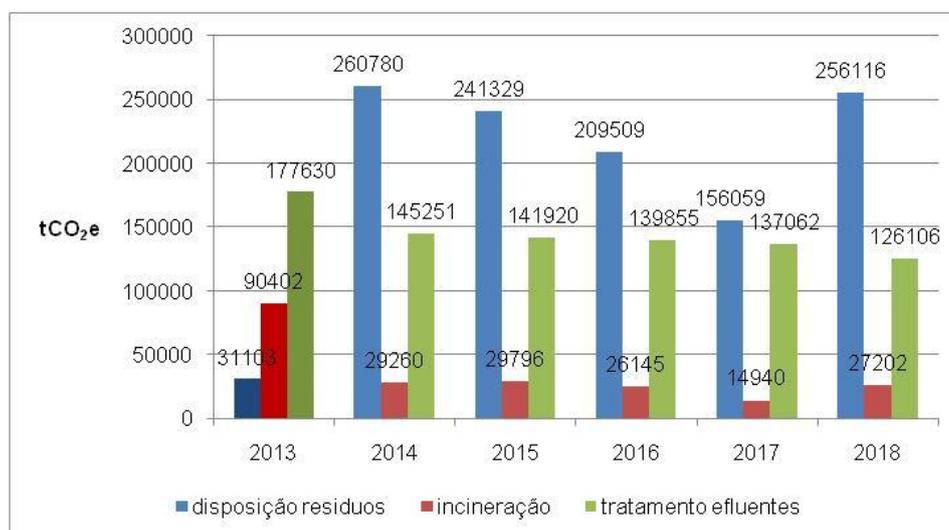
Outra questão observada nos dois Inventários, seria que as emissões geradas pelo subsetor de Tratamento Biológico de resíduos não foram mensuradas devido a baixa representatividade desses tratamentos. Entretanto, sugere-se que em futuros inventários, seja incluído este subsetor para a quantificação das emissões, conforme determina as diretrizes do IPCC sobre a estrutura do Setor de Resíduos,

visando aprimorar a coleta dos dados. Isso se justifica pois os resíduos orgânicos representam a maior proporção dos RSU, sendo de grande importância para a quantificação dos RSU e para os cálculos das emissões de GEE.

Quando se comparam as emissões dos subsetores entre os dois Inventários, notou-se que no primeiro Inventário a disposição de resíduos sólidos em aterros contribuiu com 11% das emissões, enquanto que no segundo, as emissões aumentaram significativamente e representaram em média 58%. O tratamento de efluentes líquidos contribuiu com 59% das

emissões em 2013 e com média de 35% no segundo Inventário. Já os dados reportados para o subsetor de incineração indicaram 30% das emissões no primeiro Inventário e média de 7% no segundo (Figura 2). Entretanto, não há detalhamento e disponibilidade de informações que possibilitem ao leitor analisar profundamente os dados e também não foram apresentadas informações sobre a quantidade de resíduos dispostos em aterros, dos resíduos de serviços de saúde incinerados e sobre as estações de tratamento de esgoto.

Figura 2. Resultados de emissões obtidos para os subsetores do Setor de Resíduos entre 2013 e 2018



Fonte: Elaboração própria com base em Salvador (2016) e Salvador (2020)

Observação: os dados de 2013 são referentes ao primeiro inventário de GEE de Salvador e estão representados nas barras em cores mais escuras.

4.3.1. Disposição de Resíduos Sólidos

Conforme os dados apresentados na Figura 2, observa-se grande diferença entre os valores obtidos para o subsetor de Disposição de Resíduos Sólidos em 2013 em relação a 2014. Possivelmente ocorreu uma subnotificação da quantidade de emissões geradas pelos resíduos enviados para o aterro em 2013, pois as emissões de 31.103 tCO₂ em 2013 aumentaram para 260.780 tCO₂ em 2014 e depois mantiveram-se constantes até 2017, quando houve uma redução nos valores apresentados. Entretanto, não há qualquer comentário ou explicação para as informações apresentadas, assim como não foram apresentados dados sobre

a quantidade de RSU dispostos em aterro entre 2014 e 2018. Sendo assim, aprimorar a coleta de dados é de grande importância para diminuir as incertezas e garantir maior exatidão dos cálculos nos próximos inventários. Convém salientar que conforme pode ser visto na Figura 2, entre 2014 e 2018, não houve um aumento das emissões de GEE emitidas pelo subsetor disposição de resíduos sólidos, apresentando nesses últimos 5 anos uma média de 57,5 % das emissões do setor resíduos. Logo, conforme já discutido anteriormente, o aumento ocorrido de 2013 para 2014, no qual a contribuição da disposição de resíduos sólidos saltou de 11% para 60%, pode estar relacionado com uma possível subnotificação da quantidade de emissões de

GEE provenientes da disposição/tratamento de resíduos enviados para o aterro em 2013.

4.3.2. Tratamento de Efluentes Líquidos

Comparando-se os dados reportados nos dois Inventários, observa-se uma redução significativa das emissões geradas no tratamento de efluentes. Em 2013, as emissões representaram 59% entre os subsetores; para o período de 2014 a 2018, passaram a representar 35%. Não há nenhum comentário sobre a redução das emissões deste subsetor entre os anos de 2013 a 2018.

O Inventário de 2013 apresenta os resultados por tipo de gás, informação que não foi apresentada para os anos de 2014 a 2018, ou seja, evidenciando uma piora da qualidade do respectivo inventário. O primeiro Inventário menciona apenas a fonte tratamento de efluentes sem considerar que existe diferença entre a fração tratada e a não tratada, assim como as tipologias de tratamento. Nesse sentido, houve um avanço no segundo Inventário.

Adicionalmente, pode-se observar que a coleta de dados para o segundo Inventário considerou aspectos que não foram abordados no primeiro Inventário, porém como oportunidade de melhorias, as características de cada estação da EMBASA deveriam ser melhor apresentadas, informando a vazão, tipologia de tratamento e MCF médio (Fator de Correção de Metano) para cada uma. Outras informações importantes que devem ser incluídas na coleta de dados para futuros inventários são o levantamento de quais estações possuem sistema de recuperação de metano, acrescentar dados sobre a destinação do lodo das estações de tratamento de esgoto e elaborar cenários para as emissões considerando a expansão da população atendida com coleta de esgoto e uma possível decisão da EMBASA em desativar tratamentos descentralizados.

4.3.3. Incineração

No primeiro inventário, foram contabilizadas um total de 90.402 tCO₂e para a incineração de resíduos. No entanto, as emissões contabilizadas no segundo Inventário são significativamente menores, sendo reportadas 27.202 tCO₂e. Não há comentários sobre esta redução tão significativa nas emissões no segundo Inventário, assim como não há um subitem com a apresentação

detalhada e explicações sobre os dados obtidos para este subsetor nos dois inventários.

Convém salientar que os dois inventários utilizaram dados de emissões de uma única empresa de incineração, a SERQUIP no primeiro Inventário e a TRR Tratamento de Resíduos no segundo Inventário. Porém, sabe-se que nem todos os RSS e nem todos os resíduos perigosos gerados em Salvador são incinerados apenas na TRR Tratamento de Resíduos e deve-se contabilizar possíveis emissões de outras fontes. Assim, conforme já discutido anteriormente, essa redução das emissões provenientes do subsetor incineração pode ter ocorrido devido a subnotificação, pois os cálculos feitos pelo inventário somente consideraram a incineração de resíduos enviados para a TRR Tratamento de Resíduos em Itabuna. Portanto, não foram consideradas as emissões dos resíduos hospitalares enviados para a empresa Stericycle, localizada em Simões Filho -BA.

Melhorar a qualidade e exatidão dos cálculos desse importante subsetor foi uma das principais limitações observada já no primeiro inventário e percebe-se que não houve melhorias no segundo Inventário. Outras oportunidades de aprimoramentos identificadas para os próximos inventários são a compatibilização dos resultados obtidos a cada atualização do inventário e a padronização do método de apresentação dos dados. Como avanço observado no segundo Inventário, as emissões provenientes dos tratamentos de resíduos industriais gerados em Salvador também foram contabilizadas. No primeiro Inventário, apenas os RSS tinham sido considerados.

4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Comparando os resultados de Salvador com outras cidades brasileiras, realizado por Leão et al (2019) e discutido no referencial teórico, percebe-se que enquanto Salvador o setor de resíduos contribuiu em média com 11% das emissões totais de emissões de GEE no período de 2013 a 2018. Em outras cidades brasileiras, essa contribuição chega em média a 14,8%. Notou-se também que nas cidades com maior verossimilhança com Salvador, houve uma maior contribuição do setor de resíduos tais como: Belo Horizonte (18%), Recife (19%) e Fortaleza (25%). Quando se compara a contribuição dos subsetores, nota-se uma grande diversidade. Por

exemplo, enquanto em Salvador a disposição de resíduos sólidos e tratamento de resíduos líquidos contribuíram em média com respectivamente 58% e 35% das emissões do setor de resíduos entre 2013-2018. Em Porto Alegre (2021), essas contribuições foram respectivamente 2,7% e 96%.

Conforme discutido no referencial teórico, seguir os princípios do GPC (2022), como por exemplo, o princípio da exatidão é necessário para que seja feito um inventário de emissões urbanas de GEE de qualidade e consistência suficientes para ser utilizado como ferramenta para tomada de decisões pelos gestores públicos quanto as estratégias mais eficazes de mitigação dessas emissões. Logo, de acordo com o IPCC (2019), a quantificação das emissões de GEE não devem ser sistematicamente sub ou superdimensionadas e deve-se reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível e obter um nível de determinação que possibilite segurança nas tomadas de decisão. Entretanto, na elaboração de inventários de emissões são utilizados previsões, parâmetros e fatores de emissão que acarretam certos níveis de incerteza nos cálculos. Convém salientar que no inventário de GEE do município de Salvador, a escolha dos fatores de emissão utilizados para o cálculo de emissões priorizou o uso de valores coerentes com a realidade brasileira, classificados como Tier 2 pelo IPCC (2019). Entretanto, em alguns casos, não foram identificados valores específicos e confiáveis para o Brasil e, portanto, foram utilizados fatores de emissão default (Tier 1) publicados por organizações reconhecidas internacionalmente na área de mudanças climáticas. Sendo assim, o Nível 3 (ou Tier 3), não foi adotado nos inventários de emissões de Salvador. Segundo Almeida (2011) e IPCC (2019), os Tiers 2 e 3 são os mais complexos, por requerer informações mais detalhadas e específicas e permitir abordagens mais avançadas e, portanto, apresentam uma maior exatidão.

Pode-se observar, portanto, que o nível de incerteza geral para o cálculo das emissões do inventário de Salvador (2016; 2020) ficou entre 0,63% e 2,08%. Observou-se também que as incertezas dos cálculos referentes aos subsetores disposição/tratamento de resíduos sólidos e tratamento de efluentes líquidos, calculadas de acordo com parâmetros estatísticos, realizadas de acordo com GHG Protocol (2003) são maiores

(de 7,38% a 38,68%). Além disso as incertezas foram avaliadas de forma qualitativa, mostrando que a qualidade dos resultados do inventário referente ao setor de resíduos é baixa. Isso pode estar relacionado tanto a baixa qualidade dos inptus (dados de entrada), que não estão em conformidade com a realidade, quanto a uma maior complexidade dos cálculos que envolvem degradação de compostos orgânicos por bactérias anaeróbicas e dependem de inúmeros fatores como o clima, a condição dos aterros, a composição dos resíduos, dos tipos de tratamento de efluentes, etc.

Somente a título de comparação, os resultados da análise de incerteza do inventário de emissões de Porto Alegre (2021), apontaram uma incerteza quantitativa de 7,78% a 13,26% e uma incerteza qualitativa considerada boa para o setor de resíduos, revelando que a exatidão dos cálculos do inventário desse referido setor em Salvador pode melhorar consideravelmente.

5. CONCLUSÃO

A cidade de Salvador se destacou no cenário da Bahia e do Brasil a partir da elaboração do primeiro Inventário de Emissões de GEE em 2016, uma vez que grande parte dos municípios brasileiros ainda não haviam inventariado suas emissões. Atualmente, o município está buscando implementar o Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC) visando tornar-se uma cidade carbono neutro até 2049.

Houve alguns avanços na qualidade do segundo Inventário quando comparado com o Inventário ano-base 2013, porém foram identificadas algumas lacunas importantes que ferem os princípios dos inventários feitos através da metodologia GPC, principalmente a exatidão e a transparência. Os inventários forneceram apenas os dados das emissões geradas (outputs), mas não os *inputs*, inviabilizando a sua reprodutibilidade por uma terceira parte e ferindo o princípio da transparência. Alguns dados foram estimados por falta de informações, como por exemplo, a quantidade de resíduos hospitalares incinerados de 2014 a 2016. Assim, como oportunidades de melhorias, deve-se aprimorar o sistema de informação na escala municipal visando a coleta de informações importantes para aumentar a robustez e exatidão dos próximos inventários.

Considera-se também de grande importância

a inclusão em futuros inventários do subsetor de Tratamento Biológico de Resíduos para a quantificação das emissões conforme determina as diretrizes do IPCC sobre a estrutura do Setor de Resíduos. Os resíduos orgânicos representam a maior proporção dos RSU, sendo de grande importância para a quantificação dos RSU e para os cálculos das emissões de GEEs.

Para o cálculo das emissões provenientes da disposição/tratamento de resíduos sólidos em aterros, é necessário buscar informações sobre todas as fontes (incluindo pontos de descarte irregulares) e analisar anualmente a composição gravimétrica dos RSU gerados no município.

Para o subsetor de Tratamento de Efluentes Líquidos, a coleta de dados para futuros inventários devem incluir o levantamento detalhado das informações sobre as estações de tratamento de esgoto e a elaboração de cenários para as emissões, considerando a expansão da população atendida com coleta de esgoto e uma possível decisão da EMBASA para desativação de tratamentos descentralizados. Tem-se também como oportunidade recomendar que o plano de saneamento da cidade que se encontra em desenvolvimento, amplie a cobertura de esgotamento sanitário visando uma redução das emissões originadas por esta fonte em Salvador.

Assim, essa pesquisa ao analisar as lacunas existentes nos dois inventários de GEE da cidade de Salvador e apontar oportunidades de melhorias para as próximas revisões, apresenta uma dupla contribuição. No campo prático, melhorar a qualidade, consistência e exatidão dos inventários é fundamental para que eles sejam utilizados como ferramenta de tomada de decisões pelos gestores públicos municipais de Salvador na formulação de políticas públicas de mitigação das emissões de GEE. Já no campo teórico-acadêmico, as reflexões e os resultados aqui trazidos são importantes para aumentar o nível de conhecimento científico sobre essa temática no Brasil.

Ainda são poucas as cidades brasileiras que possuem inventários de GEE e consequentemente os estudos científicos sobre esses inventários são ainda muito incipientes. As investigações existentes apontam como principais limitações dos inventários de GEE das cidades brasileiras: a não disponibilidade de dados sobre as fontes de emissão; e a falta de exatidão e transparência dos inventários de emissões de GEE, principalmente com relação ao setor de

resíduos. Logo, esta pesquisa, tendo como foco a cidade de Salvador, contribui para reduzir essa lacuna de conhecimento e subsidiar o aumento da eficácia das políticas públicas municipais de mitigação das emissões de GEE pelas cidades brasileiras.

6. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama 2020: Resíduos Sólidos Urbanos. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ALMEIDA, R. Diretrizes para elaboração de inventários de emissões de gases de efeito estufa em municípios de pequeno e médio porte. Dissertação de mestrado (Curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental. Universidade Positivo, Curitiba/PR, 2011.

ALVES, C. G. C. Inventários municipais de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil: Uma análise de sua prática, potencialidades e desafios. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador. 169 f. 2017.

ANDRADE, J.C.S., DAMENO, A., PEREZ, J., ANDRES, J.M., LUMBRERAS, J. Comparing Madrid and Salvador GHG Emission Inventories: implications for future researches. Journal of Operations and Supply Chain Management. V. 10. n. 1. 17-32. 2017.

ANDRADE, J.C.S., DAMENO, A., PEREZ, J., DE ANDRES ALMEIDA, J.M., LUMBRERAS, J. Implementing city-level carbon accounting: a comparison between Madrid and London. J. Clean. Prod. 172, 795e804. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.163.2018>.

BAI, X.; DAWSON, R. J.; ÜRGE-VORSATZ, D.; DELGADO, G. C.; BARAU, A. S.; DHAKAL, S. e SCHULTZ, S. Six research priorities for cities and climate change. Nature Climate Change, 555, 2018. pp. 23-25.

BRASIL. 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: 13 de jan.2020.

CLIMATE WATCH. Historical GHG Emissions. 2016. Disponível em: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>. Acesso em: 05 jul 2022.

CONCEICAO, G. et al. Comparing Urban Greenhouse Gas Emission Inventories in Brazilian Cities, LAJMSD, 1(1), 2021.

GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY - GPC. GHG Protocol for Cities. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>. Acesso em: 11 jul. 2022

GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY - GPC. GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. 2003. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghg-uncertainty.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Paris, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>. Acesso em: 05 jul. 2022.

LEÃO, E. B. S.; NASCIMENTO, L.F.M; ANDRADE, J. C. S; OLIVEIRA, J. A. P. Carbon accounting approaches and reporting gaps in urban emissions: An analysis of the Greenhouse Gas inventories and climate action plans in Brazilian cities. Journal of Cleaner Production, v. 1, p. 118930, 2019.

LEÃO, E.B.S.; SILVA, A.M.A.; PRADO, A.; NASCIMENTO, L.F.M; ANDRADE, J. C. S; Assessing urban emissions through different methodologies: an analysis of Brazilian cities, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 27(19). 2022. <https://doi.org/10.1007/s11027-022-09994-5>

MATOS, V. N.; SANTOS, J. O.; MARINHO, M. M. O; ANDRADE, J. C. S. Quantificação de emissões de gases de efeito estufa no transporte de resíduos: Estudo de caso da UFBA. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). v. 5, n. 1. p. 53-65. – ISSN: 2317-563X. 2017.

PASINI, K. B. Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em aterros sanitários: contribuições das tecnologias ambientais para o desenvolvimento sustentável. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Administração, Salvador, 2011.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa de Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. 2021. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2021/08/relatorio-inventario-poa-web.pdf>. Acesso em: 11 jul de 2022.

RYAN, Daniel. From commitment to action: a literature review on climate policy implementation at city level. Climatic Change, v.131, n.4, p.519-529, 2015.

SALVADOR. Prefeitura Municipal. Secretaria de Serviços Públicos e Prevenção à Violência. Plano Básico de Limpeza Urbana. Salvador: Prefeitura Municipal de Salvador, jun. 2012.

SALVADOR. Prefeitura Municipal. Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa da Cidade de Salvador. Prefeitura Municipal do Salvador. 2016.

SALVADOR. Prefeitura Municipal. Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa da Cidade de Salvador. Prefeitura Municipal do Salvador. 2020.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - SEEG. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil – 1970-2018. 2019. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-2020>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2013. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013>. Acesso em fev. de 2022.

SOUZA, A. R. SILVA, A. T.L , ALINE BHERING TRINDADE, A. B., FLÁVIO FERREIRA FREITAS, F.F., ANSELMO, J. A. Análise do potencial de aproveitamento energético de biogás de aterro e simulação de emissões de gases do efeito estufa em diferentes cenários de gestão de resíduos sólidos urbanos em Varginha (MG). Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2019, v. 24, n. 05 pp. 887-896. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019187066>. Acesso em julho de 2022.

SUDMANT, A., GOULDSON, A., MILLWARD-HOPKINS, J., SCOTT, K., BARRETT, J. Producer cities and consumer cities: using production- and consumption-based carbon accounts to guide climate action in China, the UK, and the US. J. Clean. Prod. 176, 654-662. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.139>.

TACHIBANA, E. M. Gerenciamento dos resíduos sólidos e mudanças climáticas: estudo de caso do município de São Bernardo do Campo/SP. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Conformidade Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, Escola Superior da CETESB, São Paulo. 78 p. 2019.

TAKIMURA, Miriam Tiemi Oliveira. Projetos brasileiros de aterro sanitário no MDL: uma análise dos indicadores de sustentabilidade. 147f. Dissertação de Mestrado em Administração. Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal de Uberlândia. 2009.

WORLD RESOURCES INSTITUTE - WRI. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. 2014. Disponível em: <http://ghgprotocol.org/files/ghgp/GHGP_GPC.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2020.