



## **PRODUTO TÉCNICO**

**Boletim técnico - EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA  
COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS (CASAL) NO ANO  
DE 2018**

**Elane Pereira Gomes  
Stoécio Malta Ferreira Maia**



**Boletim técnico - EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA COMPANHIA  
DE SANEAMENTO DE ALAGOAS (CASAL) NO ANO DE 2018**

© 2020 – Sistemas de Bibliotecas do Instituto Federal de Alagoas

*Reitor*  
***Carlos Guedes de Lacerda***

*Pró-Reitor de Ensino*  
***Maria Cledilma Ferreira da Silva Costa***

*Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação*  
***Eunice Palmeira da Silva***

*Pró-Reitor de Extensão*  
***Abel Coelho da Silva Neto***

*Pró-Reitor de Administração*  
***Heverton Lima de Andrade***

*Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional*  
***Edja Laurindo de Lima***

*Coordenador do Mestrado em Tecnologias Ambientais*  
***Stoécio Malta Ferreira Maia***



**Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
**Campus Marechal Deodoro**  
**Biblioteca Lúcio Soley Lomônaco**

---

G633e

Gomes, Elane Pereira.

Emissões de gases de efeito estufa pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) no ano de 2018 / Elane Pereira Gomes, Stoécio Malta Ferreira Maia. - 2020.

18 f. : il., col.

1 CD-ROM : 21 megabytes (PDF) ; 4 ¾ pol. ; caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Inclui bibliografia e figuras.

Produto Educacional da Dissertação: Estimativa de emissão de gases de efeito estufa como subsídio a gestão da Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) - Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*, Marechal Deodoro, 2020.

1. Emissões corporativas. 2. Mudanças climáticas. 3. Impacto ambiental. I. Título. II. Maia, Stoécio Malta Ferreira Maia.

CDD: 363.7

---

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado**  
**Bibliotecária – CRB-4/2125**

## **PRODUTO TÉCNICO**

### **Boletim técnico - EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS (CASAL) NO ANO DE 2018**

Produto técnico originado da dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC / IFAL (Modalidade Mestrado Profissional), pelo primeiro autor.

Linha de Pesquisa: Manejo e Monitoramento Ambiental.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	6
2. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA CASAL .....	7
3. EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE .....	12
4. CENÁRIOS DE EMISSÃO .....	13
5. RECOMENDAÇÕES E BENEFÍCIOS DA ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GEE ....	14

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

As mudanças climáticas podem influenciar, direta ou indiretamente, os sistemas naturais e econômicos, impactando várias áreas, como: atividades costeiras, biodiversidade, saúde, agropecuária, energia, recursos hídricos, indústria, infraestrutura, transportes e mobilidade urbana, segurança alimentar, gestão das cidades. Seus efeitos têm sido potencializados pelo aumento das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, decorrentes de atividades antrópicas, e caso medidas para redução de emissão desses gases não forem adotadas, a temperatura média global da terra poderá aumentar 4,8 °C, até 2100 (IPCC, 2014).

Nesse sentido, é papel dos governos e das corporações, públicas ou privadas, implementarem estratégias que visem a redução das emissões de GEE e o enfrentamento aos efeitos das mudanças climáticas, sendo um dos primeiros passos, a realização de inventários de GEE. São documentos que refletem as emissões decorrentes das operações, produtos e serviços de uma organização, auxiliando na estruturação das estratégias de redução e gestão das emissões (GHG PROTOCOL, 2018c).

Dessa maneira, empresas do setor de saneamento, como a CASAL, em geral responsáveis pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário, para executarem suas atividades e prestarem seus serviços também geram e emitem GEE. De maneira que, assim como é realizada a gestão da qualidade do que é lançado ou disposto no meio ambiente, em termos de efluentes e resíduos, a emissão de GEE também precisa ser gerenciada.

Assim, foi realizada a estimativa de emissão das principais fontes de GEE na CASAL, referentes ao tratamento de esgoto, ao consumo de energia elétrica e ao uso de combustível. Para o cálculo da estimativa de emissão decorrente do tratamento de efluente, considerou-se o esgoto coletado e tratado e o coletado e não tratado, referente as seguintes categorias de tratamento em operação em 2018, utilizando a metodologia do IPCC (2006). Também foi realizada uma análise da eficiência dos sistemas de tratamento no que se refere a remoção de DBO, através dos dados do monitoramento de efluente. Já para a estimativa de emissão referente ao consumo de energia elétrica, considerou-se o consumo nos municípios de atuação da CASAL, para o mesmo ano.

Além disso, considerando o cenário atual de mudanças climáticas e as iniciativas internacionais e nacionais visando a adoção de estratégias para a redução das emissões de GEE e mitigação de impactos ambientais, e tendo em vista a responsabilidade socioambiental das corporações, foram sugeridos alguns cenários de emissão na CASAL para as fontes de emissão relativa ao tratamento de esgoto, descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos cenários de emissão de CH<sub>4</sub> para o tratamento de esgoto.

Cenário	Descrição
Atual	Estações de tratamento de esgoto existentes.
Cenário 1	Substituição das estações de tratamento atuais para sistemas de lodos ativados convencionais bem operados.
Cenário 2	Substituição das estações de tratamento atuais para sistemas reatores anaeróbios.
Cenário 3	Implantação da nova ETE com Sistema MBBR, tecnologia de tratamento avançado de lodos ativados e biofiltros, em Maceió, em substituição as lagoas de estabilização e alguns sistemas de tanque sépticos/filtro anaeróbio e lodos ativados compactos. Manutenção dos demais sistemas.
Cenário 4	Situação em que todas as estações funcionam com seu percentual ótimo de eficiência
Cenário 5	Manutenção das ETE atuais, nas condições atuais, mas com o atendimento dos 100,0% da população dos 77 municípios de atuação com a instalação de sistemas de tratamento anaeróbio

Fonte: Autora (2019).

## 2. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA CASAL

A estimativa de emissão total de GEE, no ano de 2018, foi de 66.524,76 tCO<sub>2</sub>e, as emissões diretas (tratamento de esgoto, combustão móvel e estacionária) foram de 53.500,99 tCO<sub>2</sub>e, correspondente a 80,4% do total emitido e indiretas (energia elétrica), o valor foi de 13.023,77 tCO<sub>2</sub>e (Tabela 2) equivalente s 19,6%. Ficando a cargo do tratamento de efluente a maior parcela emitida.

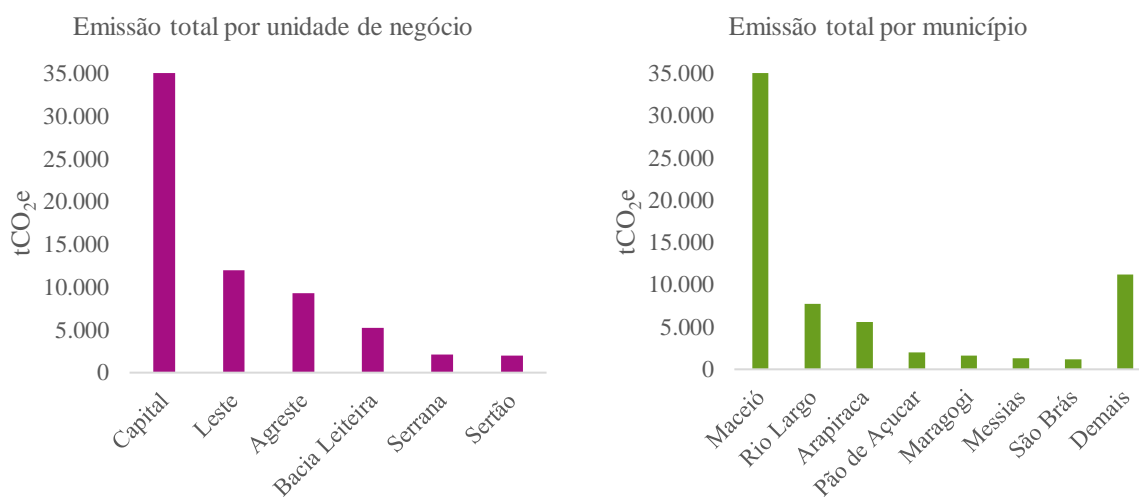
Tabela 2. Emissão de CO<sub>2</sub> equivalente das fontes de emissão estudadas, no ano de 2018.

Fonte de emissão	Escopo	Emissão tCO <sub>2</sub> e	% de contribuição
Tratamento de efluente	1	52.677,53	79,2
Combustão móvel	1	811,83	1,2
Combustão estacionária	1	11,62	0,0
Energia elétrica	2	13.023,77	19,6
<b>Total</b>		<b>66.524,76</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Autora (2019).

Considerando as fontes de emissão mais relevantes para a CASAL, tratamento de efluente e consumo de energia elétrica, as Figuras 1, 2 e 3 demonstram as emissões totais, por unidade de negócio e municípios de atuação da CASAL, no que se refere ao consumo de energia elétrica e tratamento de esgoto. A Figura 4 apresenta as emissões por tipo de tratamento.

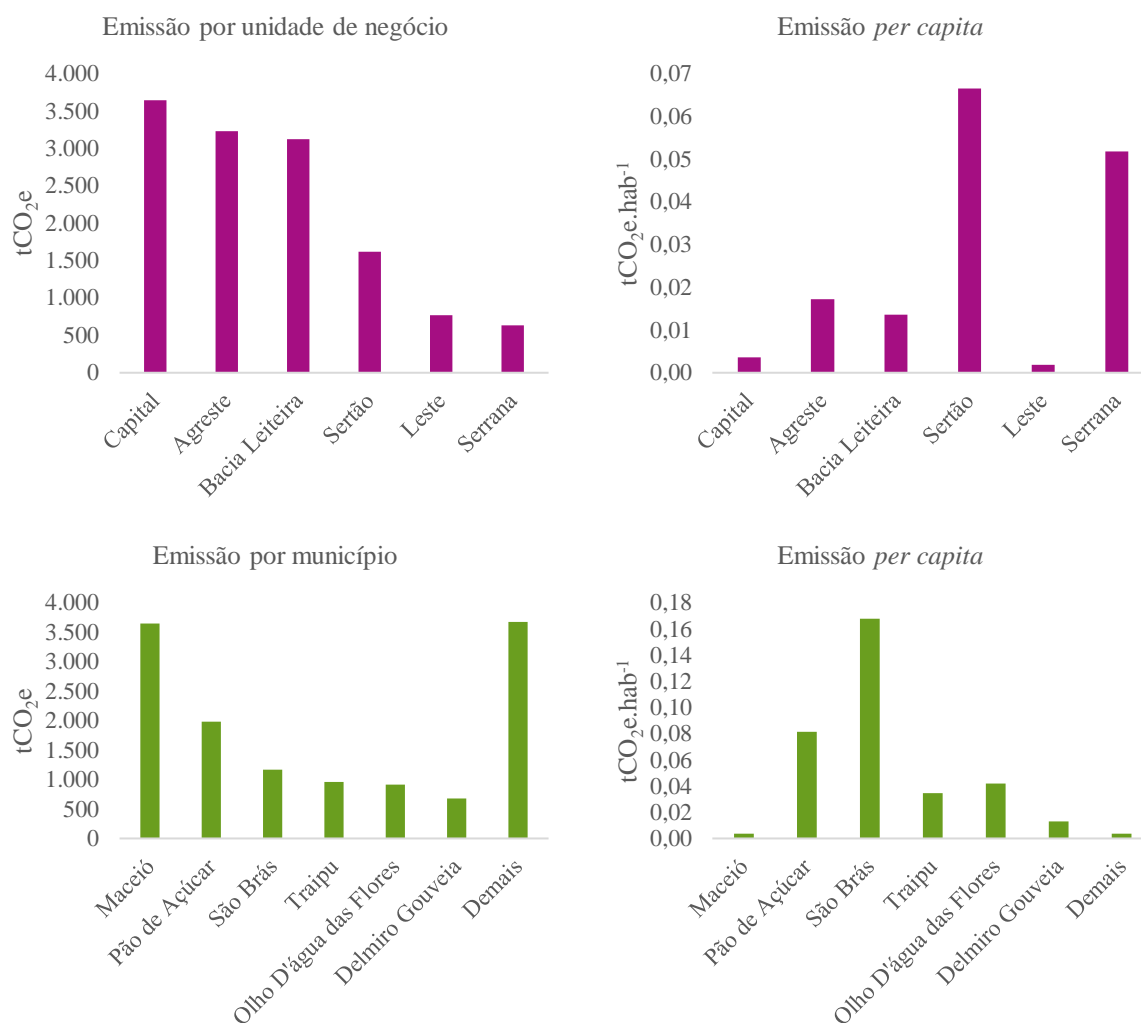
Figura 1. Emissão total de GEE por unidades de negócio e por municípios de atuação da CASAL, em 2018, referente ao consumo de energia elétrica e tratamento de efluente.



Fonte: Autora (2019).

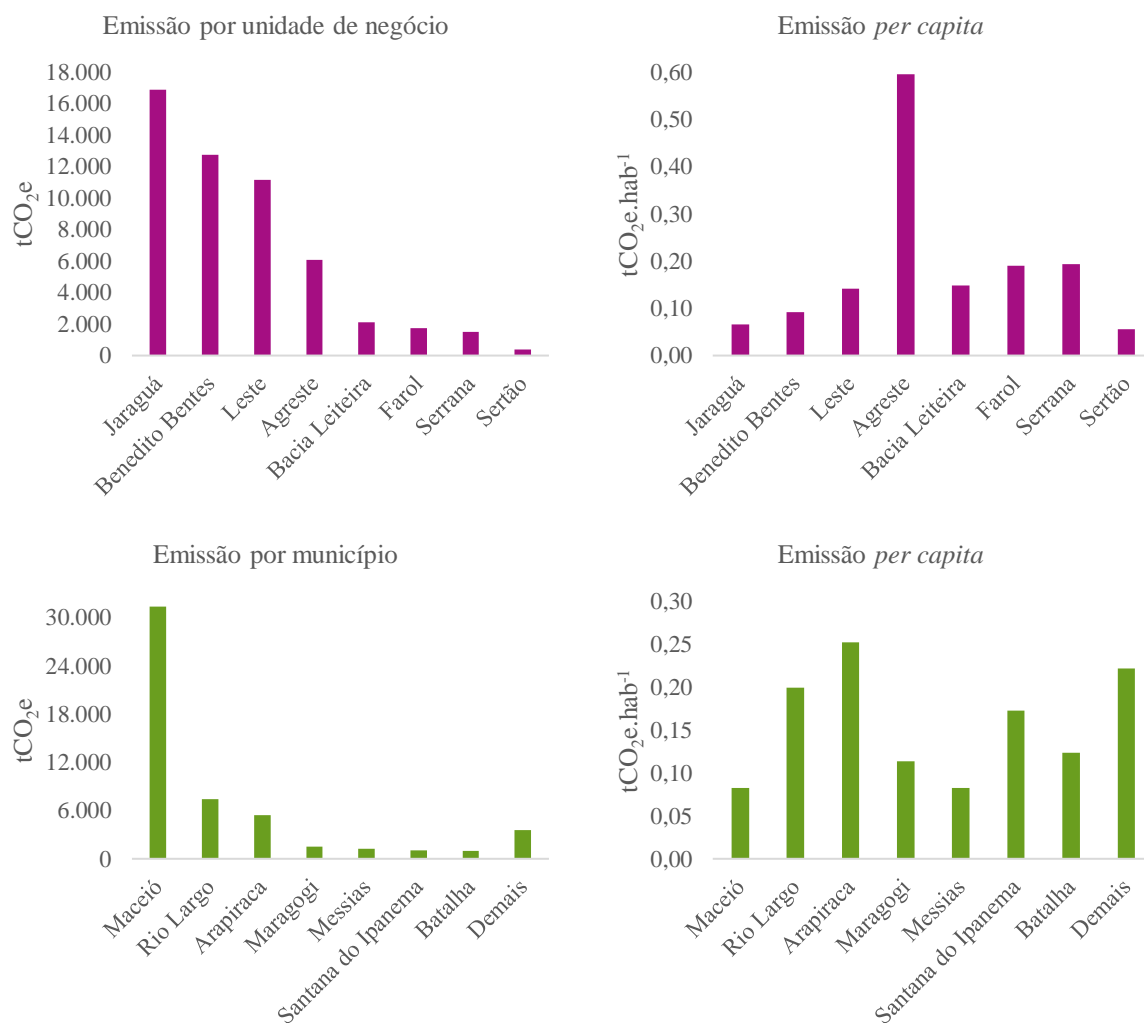


Figura 2. Emissão de GEE por unidades de negócio e por municípios de atuação da CASAL, em 2018, referente ao consumo de energia elétrica.



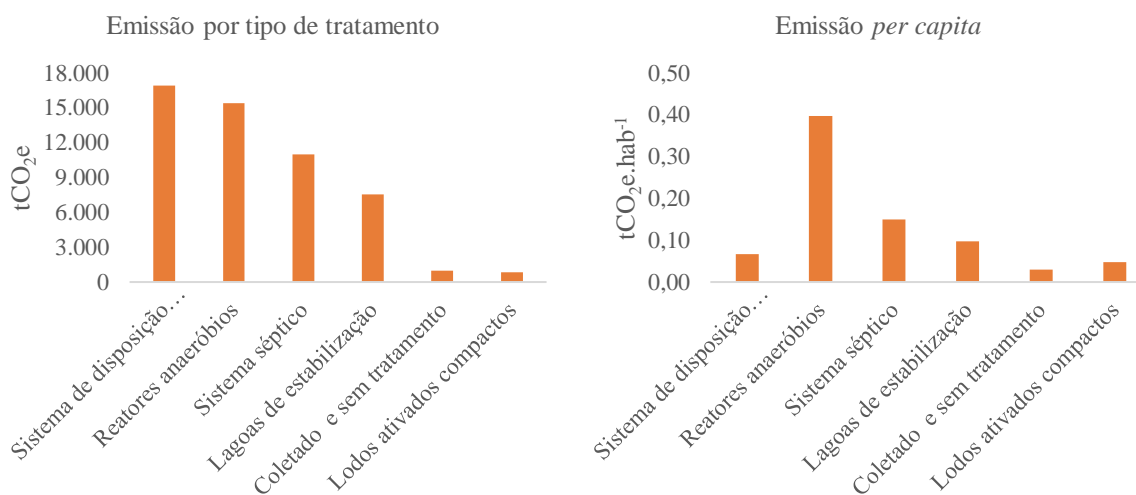
Fonte: Autora (2019).

Figura 3. Emissão de GEE por unidades de negócio, por municípios de atuação e por categoria de tratamento, pela CASAL em 2018, referente ao tratamento de efluente.



Fonte: Autora (2019).

Figura 4. Emissão de GEE por unidades de negócio, por municípios de atuação e por categoria de tratamento, pela CASAL em 2018, referente ao tratamento de efluente.



Fonte: Autora (2019).

No tocante as emissões totais por unidade de negócio (Figura 1), verificou-se que as unidades da Capital respondem por 53,4% do total emitido (35.058 tCO<sub>2</sub>e), seguido da Leste e Agreste, com 18,2% (11.950 tCO<sub>2</sub>e) e 14,2% (9.321 tCO<sub>2</sub>e) das emissões totais. Quanto as emissões totais por municípios, para as mesmas fontes, nota-se que Maceió foi o que apresentou o maior percentual de emissão, correspondente a, aproximadamente, 53,0% do total (35.058 tCO<sub>2</sub>e), sendo o maior emissor para ambas as categorias, seguido de Rio Largo e Arapiraca, com 11,6% (7.721 tCO<sub>2</sub>e) e 8,5% (5.622 tCO<sub>2</sub>e), respectivamente, cuja emissão se deve, principalmente ao tratamento de efluente. O município de Pão de Açúcar, surge na sequência, devido as emissões decorrentes do alto consumo de energia elétrica, necessária a captação de água no rio São Francisco, correspondendo a 3,0% (1.984 tCO<sub>2</sub>e) do total.

Em relação ao consumo de energia elétrica (Figura 2), observou-se que 28,0% (3.647 tCO<sub>2</sub>e) das emissões couberam as unidades da Capital, seguido das unidades Agreste e Bacia Leiteira com 24,8% (3.232 tCO<sub>2</sub>e) e 24,0% (3.124 tCO<sub>2</sub>e), na sequência. Apresentado uma emissão *per capita* de 0,001, 0,02 e 0,01 tCO<sub>2</sub>.hab<sup>-1</sup>, respectivamente. As unidades que apresentaram menor emissão total foram a do Sertão e Serrana, com cerca de 3,0% do total emitido, cada uma. Contudo, com *per capita* de 0,07 e 0,05 tCO<sub>2</sub>.hab<sup>-1</sup>, sequencialmente. Quanto as emissões por município, Maceió responde pela maior parcela com 28,0% (3.647 tCO<sub>2</sub>e) das emissões, seguido por Pão de Açúcar e São Brás, nessa ordem com 15,2% (1.984 tCO<sub>2</sub>e) e 9,0% (1.168 tCO<sub>2</sub>e) do total da categoria, e *per capita* de 0,00, 0,08 e 0,17 tCO<sub>2</sub>.hab<sup>-1</sup>

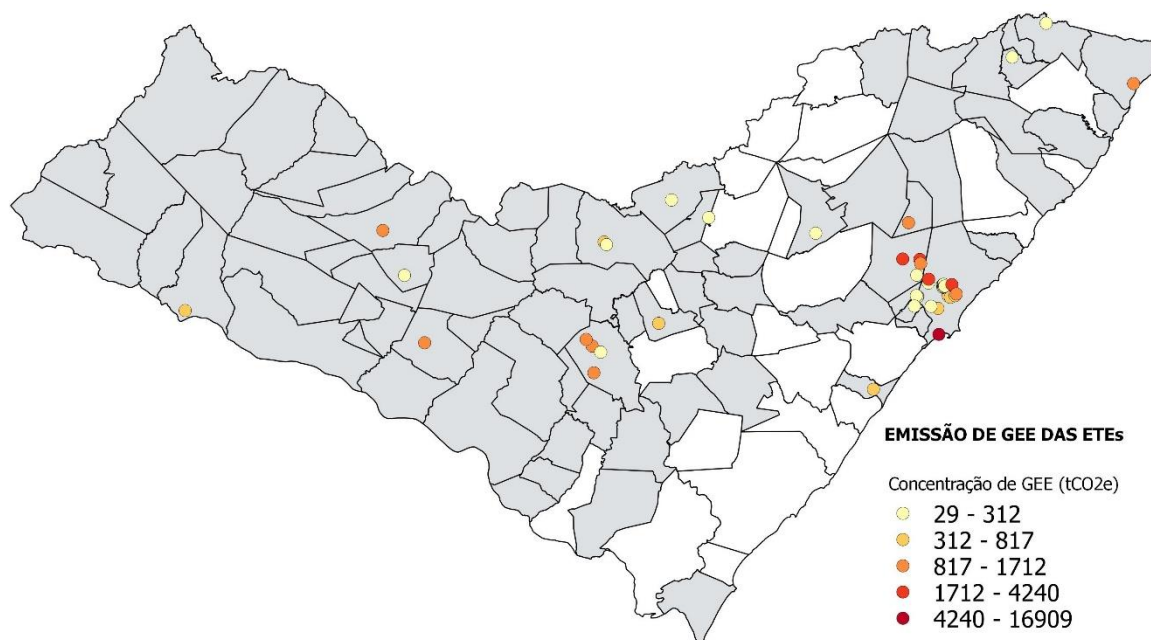
No que se refere ao tratamento de efluente (Figura 3), as emissões das unidades da Capital (Jaraguá, Benedito Bentes e Farol) foram equivalentes a 59,6% (16.909, 12.77 e 1.735

tCO<sub>2</sub>e, respectivamente), seguindo da Leste e Agreste, com 21,2 (11.182 tCO<sub>2</sub>e) e 11,6% (6.089 tCO<sub>2</sub>e), na sequência. Já nas emissões por municípios, verificou-se que Maceió respondeu por 59,6% (31.412 tCO<sub>2</sub>e) de toda emissão da categoria, exibindo um *per capita* de 0,08 tCO<sub>2</sub>.hab<sup>-1</sup>, na sequência, Rio largo com 14,1% (7.425 tCO<sub>2</sub>e) e Arapiraca com 10,3% (5.420 tCO<sub>2</sub>e).

Quanto as emissões por tipo de tratamento (Figura 4), verificou-se que o tipo de tratamento que apresentou o maior percentual de emissão foi o SDO, com 32,1% das emissões de 2018 (16.909 tCO<sub>2</sub>e), com uma emissão *per capita* de 0,07 tCO<sub>2</sub>e.hab<sup>-1</sup>, praticamente o total da unidade Jaraguá, seguido pelo tratamento por reatores anaeróbios, com 29,2% (15.380 tCO<sub>2</sub>e) e *per capita* de 0,40 tCO<sub>2</sub>e.hab<sup>-1</sup>. O sistema que menos emitiu foi o de lodos ativados, com 1,6% (857 tCO<sub>2</sub>e) das emissões e um *per capita* de 0,05 tCO<sub>2</sub>e.hab<sup>-1</sup>. Além disso, 1,9% (989 tCO<sub>2</sub>e) das emissões ficam a cargo do esgoto coletado e não tratado.

No que concerne a localização dos sistemas de tratamento, a Figura 5 ilustra a concentração dos gases emitidos por cada sistema de tratamento operado pela CASAL, para o ano de 2018. Observa-se que os sistemas que apresentam maior emissão estão localizados entre os municípios de Maceió e Rio Largo.

Figura 5. Localização e emissão de GEE dos sistemas de tratamento operados pela CASAL, em 2018.



Fonte: Autora (2019).

### 3. EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE

Em relação a eficiência dos sistemas de tratamento na remoção da DBO, verificou-se que apenas 45,0% da DBO de entrada foi removida durante o tratamento, restando 55,0%, sendo o efluente tratado lançado nos corpos d'água, com uma média geral de DBO de saída de  $192 \pm 103 \text{ mg.L}^{-1}$ . A Tabela 3 apresenta o percentual de remoção de DBO nos sistemas de tratamento e as médias de DBO no esgoto tratado para cada um deles.

Verificou-se que o tratamento por lagoas de estabilização apresentou uma eficiência de remoção de 80,0%, com uma DBO no efluente de  $70,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , seguido pelos sistemas de tanque séptico/filtro anaeróbio e reatores anaeróbios, ambos integrados a lagoas de estabilização com, respectivamente, 79,0% e 78,0% de eficiência de remoção, apresentando na sequência, uma DBO de lançamento de 58,0 e  $52,0 \text{ mg.L}^{-1}$ . O sistema que apresentou menor percentual de remoção foi o de lodos ativados, com 27,7% de remoção de DBO e tendo o seu efluente a maior concentração de DBO no esgoto tratado, de  $282,0 \text{ mg.L}^{-1}$  e o sistema de disposição oceânica, com 30,7% e DBO efluente de  $202 \text{ mg.L}^{-1}$ . No caso deste último, isso se justifica, tendo em vista que tal sistema corresponde a um tratamento preliminar, cujo princípio de tratamento baseia-se na autodepuração realizada pelo mar, portanto, tem como função de remover sólidos grosseiros.

Tabela 3. Percentual de remoção de DBO nos sistemas de tratamento.

Tipo de tratamento	DBO entrada (kg.ano <sup>-1</sup> )	DBO removida (kg.ano <sup>-1</sup> )	Média de DBO de saída (mg.L <sup>-1</sup> )	% remoção	% remoção ideal
Lagoas de estabilização	2.440.758,27	1.951.763,97	70,0	80,0%	80,0%
Tanque séptico/filtro/lagoas de estabilização	269.011,54	214.384,67	58,0	79,7%	97,0%
Reator anaeróbio/lagoas	205.476,11	163.353,33	52,0	79,5%	93,5%
UASB	66.414,82	47.474,29	140,0	71,5%	67,5%
Reator anaeróbio/reator aeróbio	1.162.664,49	807.343,45	132,0	69,4%	88,0%
Tanque séptico/filtro	1.432.927,70	748.325,38	223,0	52,2%	82,5%
Reator anaeróbio/filtro	145.479,59	62.048,65	212,0	42,7%	81,0%
Sistema de disposição oceânica	10.735.905,60	3.293.409,60	202,0	30,7%	--
Lodos ativados compacto	226.834,04	62.840,70	282,0	27,7%	89,0%

Legenda:  maior eficiência,  menor eficiência,  eficiência intermediária.

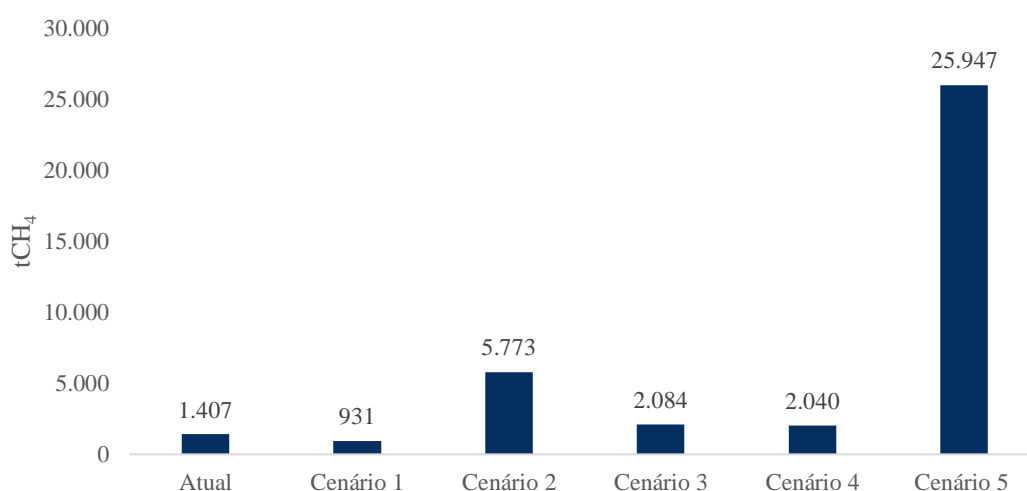
Fonte: Autora (2019); VON SPERLING adaptado (2018).

Assim, se as estações de tratamento de esgoto operassem com seu potencial ótimo de remoção de DBO poderia haver um incremento nas emissões de GEE resultantes do processo de tratamento, que pode ser verificado nos resultados da projeção dos cenários de emissão constantes no item 4.

#### 4. CENÁRIOS DE EMISSÃO

Quanto aos cenários propostos, observa-se que para o cenário 1, com a substituição dos tratamentos existentes por processos aeróbios bem operados, pode-se ter uma redução de 33,8% nas emissões de metano. Por outro lado, se os sistemas atuais fossem substituídos por sistemas anaeróbios, haveria um aumento de 310,4% nas emissões de CH<sub>4</sub>. Já nos cenários 3 e 4, haveria um aumento de, respectivamente, 48,2 e 45,0% em relação a emissão atual. O cenário 5, demonstra uma realidade em que haveria a cobertura com esgotamento sanitário da totalidade da população dos 77 municípios atendidos pela CASAL, com tratamentos anaeróbios. Nesse cenário, haveria um aumento de 1.744,6% na estimativa de emissão de metano (Figura 6).

Figura 6. Cenários de emissão de CH<sub>4</sub>, alterando a concepção do tratamento.



Fonte: Autora (2019).

O aumento das emissões no cenário 5, não pode ser visto simplesmente como algo danoso ao meio ambiente, uma vez que aumentando os índices de coleta e tratamento de esgoto, tende-se a aumentar as emissões de GEE (VIEIRA et al., 2015). Contudo, para a escolha do tipo de tratamento mais adequado, leva-se em consideração parâmetros não abordados na descrição dos cenários como: população a ser atendida, área disponível, viabilidade econômico-financeira, restrições ambientais entre outros (NUVOLAI et al., 2003).

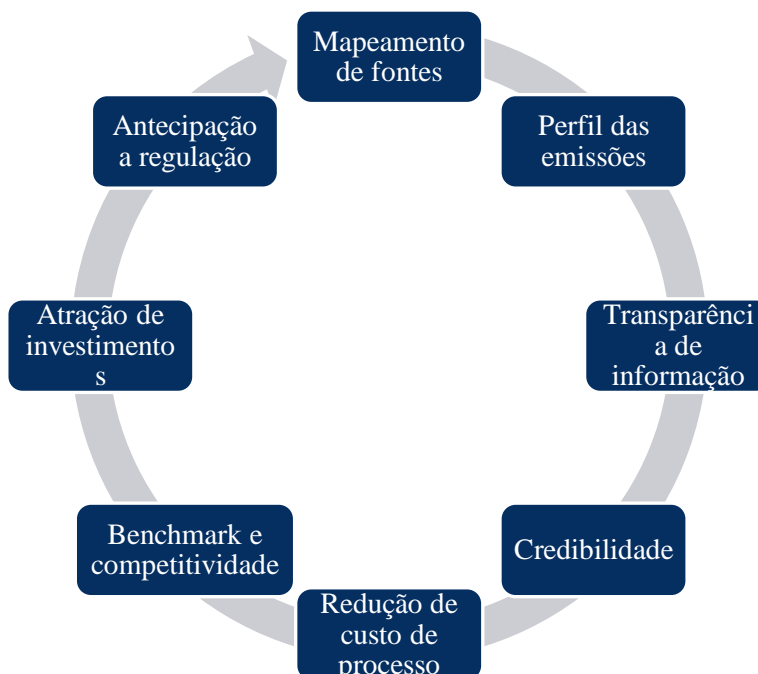
## 5. RECOMENDAÇÕES E BENEFÍCIOS DA ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GEE

Recomendações para elaboração de inventário mais preciso e inserção na rotina empresarial:

- Levar ao conhecimento de todos os colaboradores da CASAL, a temática sobre as mudanças climáticas e o papel da empresa frente as estratégias de redução de emissões e mitigação dos seus efeitos.
- Incorporar medidas de redução de emissão de GEE na Política Ambiental da CASAL e inserção de atribuições e responsabilidades da gestão de emissões no manual organizacional.
- Criar um banco de dados para inserção de todas as informações pertinentes a cada fonte de emissão, visando a padronização, atualização de dados em tempo real e minimização de falhas decorrentes dos dados iniciais.
- Incentivar o comprometimento dos colaboradores envolvidos na gestão das emissões.
- Acrescentar dados sobre as estimativas de emissão no relatório anual de gestão empresarial.
- Ampliar da cobertura de esgotamento sanitário com estações de tratamento projetadas para promover menor emissão ou dispostas com tecnologias de queima ou reaproveitamento de biogás, reduzindo os percentuais de emissão.
- Utilizar álcool combustível em substituição a gasolina na frota de veículos, visando, não apenas o custo financeiro, mas considerando, principalmente, qualidade ambiental.
- Adotar medidas simples para reduzir o consumo administrativo de energia elétrica, desligando lâmpadas e equipamentos quando não tiverem em uso.
- Incluir outras fontes demais fontes de emissão, como o uso de aparelhos de refrigeração e extintores; as viagens de avião; os deslocamentos de funcionários.
- Executar o programa de recuperação das áreas de preservação permanente, devido a mitigação das emissões de carbono, considerando a obrigatoriedade legal e a necessidade de preservação dos recursos hídricos.

A elaboração de um inventário de GEE trás os benefícios demonstrados no diagrama a seguir (Figura 7).

Figura 7. Diagrama dos benefícios da elaboração de um inventário de emissão de GEE.



Fonte: Autora (2019).

Assim, recomenda-se a utilização dos seguintes passos (FGV, 2009; GHG PROTOCOL, 2017):

1. Definir os limites organizacionais do inventário
2. Definir os limites operacionais do inventário
3. Selecionar metodologia de cálculo e fatores de emissão
4. Coletar dados das atividades que resultam na emissão de GEE
5. Calcular as emissões
6. Incluir na contabilização os GEE regulados pelo Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>); hidrofluorcarbonetos (HFCs); e perfluorocarbonetos (PFCs).
6. Elaborar o relatório de emissões de GEE



## REFERÊNCIAS

FGV: Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. **Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa/** realização GVces Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas; organização GVces, Ministério do Meio Ambiente, CEBDS, WBCSD, WRI; apoio Embaixada Britânica, USAID, CETESB, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; edição e revisão Ricardo Barreto, Juarez Campos. - São Paulo: FGV, 2009. 22 p.

GHG PROTOCOL: Programa Brasileiro GHG Protocol. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa.** 2017. 2ª ed. Disponível em: <[https://s3-east1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos\\_ghg/152/especificacoes\\_pb\\_ghgprotocol.pdf](https://s3-east1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf)>. Acesso em: Fev. 2018.

GHG PROTOCOL: Programa Brasileiro GHG Protocol. **Inventários.** 2018c. Disponível em: <<https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/inventarios?locale=pt-br>>. Acesso em: 20 Jul. 2018.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 6. Wastewater treatment and discharge.** Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 28 Fev. 2018.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.). United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge, 2014. 1132 p.

NUVOLARI, A.; TELLES, D. D.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. A.; ARAUJO, R. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: ed. Blucher, 2003. 520 p.

VIEIRA, S.M.M.; ALVES, J.W.S.; GONZALEZ, M.P. **Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa.** Relatórios de Referência. Setor de tratamento de resíduos. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2015. 70 p.