



# **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa**

## **COPASA – 2014**

Belo Horizonte – MG

Setembro de 2015

## 1 - INTRODUÇÃO

Um dos mais preocupantes desafios enfrentados pela humanidade são mudanças climáticas que vem ocorrendo no planeta. A preocupação com o meio ambiente vem se fortalecendo, tornando as políticas ambientais mais rígidas e favoráveis à utilização dos recursos naturais de maneira sustentável.

O foco de discussões governamentais tem sido as emissões dos gases de efeito estufa (GEE). Essas emissões vêm causando consideráveis prejuízos ao equilíbrio do ecossistema, tais como a elevação da temperatura terrestre, o derretimento das calotas polares e conseqüente aumento do nível dos oceanos, impactos econômicos, mudanças nos regimes de chuvas, dentre outros.

A crescente preocupação com os recursos naturais, sua exploração e utilização consciente deram origem a diversas discussões formais em âmbito mundial. A Conferência de Estocolmo, realizada na Suécia no ano de 1972, deu início às discussões mundiais de maneira oficial. Nessa ocasião, foram realizados os primeiros trabalhos sobre a questão ambiental, criando princípios para a melhoria a preservação do meio ambiente, tendo como principal resultado, a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Em 1986, a Conferência de Toronto foi a primeira a citar o clima como um dos tópicos para debate, elencando a importância da redução dos gases que potencializam o efeito estufa. Apesar da seriedade do assunto, o grupo não tinha apoio oficial para impor ações imediatas. Entretanto, a questão climática alcançou importância mundial e em 1988, a Organização das Nações Unidas criou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), maior autoridade mundial em questões climáticas.

O IPCC é composto por três frentes de trabalho: a primeira avalia os aspectos científicos do sistema climático e de mudança do clima, tendo como principais temas os gases de efeito estufa, temperatura da terra e precipitação; a segunda avalia a vulnerabilidade dos sistemas socioeconômicos e naturais diante da mudança climática; e a terceira avalia as opções que permitiriam limitar ou evitar as emissões de gases estufa. Além dessas frentes de trabalho, o IPCC conta com uma Força Tarefa, responsável por compilar os inventários nacionais sobre emissões de GEE,

desenvolver e aperfeiçoar os métodos para o cálculo e descrição das emissões de GEE de cada país e uma Unidade de Apoio, que coordena as atividades das frentes de trabalho e presta auxílio na preparação dos relatórios.

Em suas deliberações, o IPCC recomendou a criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), iniciada em 1992, através da assinatura e adesão de 175 países. Seu principal objetivo foi propor a estabilização das emissões de GEE, uma vez que as atividades humanas são as principais responsáveis pelas mudanças climáticas, reconhecendo a necessidade de cooperação internacional sobre o assunto.

Seguindo essa linha de preocupação, em 1997, na Conferência de Kyoto no Japão, foi criado o Protocolo de Kyoto, documento legal que indicava a redução de gases estufa, fixando metas para os países envolvidos que aderissem ao Protocolo.

O Brasil ainda não possui obrigações quantitativas no que diz respeito à redução de emissões de GEE, entretanto, conta com duas leis diretamente relacionadas às questões climáticas: a Lei nº 12.187/2009, que constitui a Política Nacional sobre Mudança no Clima no qual estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos para precaução, prevenção e participação cidadã no desenvolvimento sustentável, e a Lei nº 12.114/2009, que estabelece a criação do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, que tem por finalidade assegurar recursos para apoio a projetos/estudos e financiamento de empreendimentos que visem à mitigação da mudança do clima.

Uma das obrigações do Brasil para com a UNFCCC, é a elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE.

O inventário de emissões é uma espécie de "raio-x" que se faz em um país, estado, cidade, setor econômico ou até mesmo em uma empresa ou grupo de empresas. Fazer a contabilidade em GEE significa quantificar e organizar dados sobre emissões com base em padrões e protocolos, e atribuí-las a um país, empresa ou outra entidade.

O estado de Minas Gerais elaborou seu primeiro Inventário de GEE em 2008, tendo como ano base 2005. Essa iniciativa reforçou o compromisso assumido pelo País na UNFCCC, além de mostrar a importância que o Estado atribui à busca de um

meio ambiente sustentável. Esse documento é peça fundamental para se conhecer a quantidade de GEE emitida, bem como as principais fontes emissoras.

O Inventário de GEE de Minas Gerais dá sustentação e embasamento para planos de ação objetivando a redução de emissão de GEE e o combate às mudanças climáticas.

Neste contexto, em 2009, o Estado Mineiro oficializou o Decreto 45.229, que regulamenta medidas do poder público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às mudanças climáticas e à gestão de emissões de GEE.

Desde o primeiro Inventário de GEE do Estado, foi evidenciada a participação pouco significativa do setor de saneamento nas emissões contabilizadas, tanto aquelas referentes ao consumo de energia elétrica do setor, que totalizam menos de 4% do consumo total de energia do Estado, quanto às emissões referentes à Produção de Resíduos que representam cerca de 6% das emissões do Estado, das quais menos de 24% são provenientes dos efluentes domésticos e comerciais e 11% são provenientes do esgoto industrial. No cômputo geral, as emissões do setor de saneamento representam menos de 2% do total de emissões do estado.

Seguindo as tendências nacional e internacional no que se refere às mudanças climáticas, as empresas cada vez mais percebem a importância de inventariar suas emissões de gases estufa. Neste contexto, a COPASA participa voluntariamente, desde 2010, do Programa de Registro Voluntário das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa de Empreendimentos do Estado de Minas Gerais, realizado junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Além disso, as informações inventariadas são reportadas junto à organização internacional *Carbon Disclosure Project (CDP)*.

O inventário de GEE é uma importante ferramenta na determinação de estratégias para redução das emissões atmosféricas, auxiliando também na identificação de pontos críticos e de maneiras de atuação para sua minimização. Ele permite, ainda, que a empresa reveja seus processos, de forma a garantir maior eficiência econômica, energética, operacional e uma atuação ambiental consistente na gestão de seus sistemas.

Por determinação da Diretoria, em fevereiro de 2014, foi criado o Comitê Gestor de Política de Prevenção aos Efeitos causados pelas Mudanças e

Variabilidades Climáticas – Comitê Clima – que, entre outras atribuições, é responsável por elaborar e publicar o Inventário de GEE da COPASA.

Este relatório apresenta o inventário referente às emissões de 2014, realizando ainda, uma análise comparativa com inventários realizados anteriormente.

## **2 - CONTEXTUALIZAÇÃO E INFORMAÇÕES GERAIS**

A partir de fevereiro de 2014, o Comitê Gestor de Política de Prevenção aos efeitos Causados Pelas Mudanças e Variabilidade Climáticas – Comitê Clima passou a ser o responsável pela elaboração do inventário de GEE, sendo o inventário de 2014 (ano base 2013) o primeiro de responsabilidade do Comitê.

Nessa ocasião, foram levantadas algumas dúvidas referentes à metodologia de cálculo empregada, mas devido ao curto prazo para o envio de dados ao Carbon Disclosure Program – CDP, foi utilizada a mesma metodologia utilizada desde 2010.

Para a elaboração do presente inventário (ano base 2014), foi contratada uma empresa consultora, a Way Carbon, que juntamente com os membros do Comitê Clima e de técnicos da Superintendência de Meio Ambiente – SPAM efetuaram a revisão da metodologia de cálculo do inventário.

A metodologia revisada foi aplicada retroativamente todos os anos anteriormente inventariados, de maneira a permitir a comparação entre os anos e a evolução histórica das emissões de GEE.

### **2.1. Período coberto pelo relatório e ano base**

Este relatório relata as emissões de GEE emitidos pela COPASA em 2014, e também uma análise comparativa com os inventários anteriores, sendo que o ano base considerado para este e futuros inventários da empresa, é o ano de 2009.

### **2.2. Limites organizacionais**

A única entidade legal considerada é a “COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais”, cujo percentual controlado é de 100%, e tem o CNPJ 17.281.106/0001-3.

## 2.3. Limites Operacionais

Nos inventários foram contabilizadas as emissões das seguintes fontes:

### Escopo 1 – Emissões Diretas:

- Esgoto coletado pela empresa, incluindo a fração tratada e não tratada, inclusive lodo gerado no tratamento;
- Consumo de combustível utilizado pela frota própria de veículos e equipamentos estacionários.

### Escopo 2 – Emissões Indiretas:

- Consumo de Energia Elétrica.

### Escopo 3 – Outras emissões Indiretas:

- Viagens de funcionários a serviço da empresa através de transporte aéreo.

### Sequestro de GEE

- Árvores plantadas pela empresa para recuperação de matas ciliares.

Esse item foi introduzido na metodologia revisada, considerando que contribui para o sequestro de GEE.

## 2.4 Fontes de emissões e sequestro de GEE excluídas do inventário

**Processo de tratamento de água para potabilização** – Não é possível estimar as emissões atmosféricas deste processo, pois não há metodologia disponível para efetuar o cálculo e, além disso, estas emissões são pouco significativas.

**Gases refrigerantes e isolantes** – São necessárias algumas informações que no momento estão indisponíveis como a quantidade e tipo de gás utilizado para reposição.

**Transporte de funcionários por transporte público no trajeto residência-empresa e vice-versa (ônibus, taxi, etc.)** – Não têm sido contabilizadas, pois são necessárias informações indisponíveis tais como: quilometragem rodada e quantidade de viagens.

**Viagens de funcionários a serviço da empresa através de transporte público rodoviário** – essas emissões, em geral não são contabilizadas em inventários de GEE. Nos anos anteriores, os valores calculados não são quantitativamente significativos, sendo eliminados na revisão da metodologia de cálculo.

### 3. METODOLOGIA

O inventário de GEE de 2014 foi realizado a partir de uma revisão da metodologia utilizada nos inventários dos anos base de 2009 a 2013, já publicados pela COPASA.

A revisão da metodologia tornou-se necessária devido a diversos motivos, entre os quais podemos elencar:

- Necessidade de rever os fatores de emissão utilizados, principalmente os ligados ao esgoto, principal fonte de emissão da empresa.
- No cálculo das emissões do esgoto, a metodologia anterior utilizava fatores de emissão relacionados à Demanda Química de Oxigênio (DQO), embora os dados de carga fossem oriundos das análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Para correlacionar os dois parâmetros, era utilizado um fator multiplicador de 1,7, que introduzia um erro ao cálculo das emissões.
- A metodologia empregada anteriormente considerava que toda a carga orgânica afluyente às ETE era convertida em GEE, desconsiderando que apenas a matéria orgânica removida nas unidades de tratamento de esgoto deve ser utilizada no cálculo.
- Na metodologia anterior, contabilizava-se que todo o metano gerado era emitido para a atmosfera. Não havia nenhuma consideração com relação à possível recuperação de metano (CH<sub>4</sub>) em aproveitamento energético ou ainda pela queima do biogás, que são frações passíveis de abatimento nas emissões.
- Não havia nenhuma consideração quanto às emissões provenientes do lodo gerado no tratamento biológico, que após desidratação é disposto em aterros sanitários e/ou controlados.
- Na metodologia anterior, as viagens de ônibus realizadas pelos empregados eram contabilizadas, apesar de serem insignificantes no total das emissões da empresa. Esse tipo de emissão não é usualmente considerado em inventários.
- Utilizava-se o mesmo fator de emissão tanto para consumo de diesel em veículos e em equipamentos estacionárias.

- Nas viagens aéreas, eram contadas apenas emissões de CO<sub>2</sub>, sendo incorporadas ao inventário as emissões de CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub>.
- Não havia a contabilização de áreas de plantio de árvores para a recuperação de matas ciliares, nem do desmate necessário para a implantação ou ampliação de unidades, atividades que ainda precisam de sistematização de coleta de dados para sua total implantação.

As fórmulas e os fatores de emissão foram revisados e atualizados, de modo a caracterizar e contabilizar de maneira detalhada os componentes de todos os setores da empresa que geram GEE.

Os dados levantados desde o ano base 2009 foram reportados para a metodologia revisada, de maneira a tornar as informações coerentes e consistentes ao longo de todo o período inventariado, permitindo a visualização da evolução das emissões.

A base bibliográfica utilizada nos cálculos de emissão de GEE do inventário da COPASA foi obtida das seguintes publicações: “*2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories*”, “*GHG Protocol 2013*” e “*GHG Protocol 2014*”.

### **3.1 Escopo 1 – Esgoto**

As fórmulas e os fatores de emissão utilizados para o cálculo das emissões do escopo 1 provenientes de todo o esgoto coletado pela COPASA, tanto a fração tratada quanto a não tratada, são provenientes da metodologia proposta no *Volume 5 “Waste” – Chapter 6 “Wastewater Treatment and Discharge”* do “*2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories*”.

#### **3.1.1 Esgoto tratado**

No tratamento de esgoto, são gerados e contabilizados dois tipos de GEE – metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Essas emissões são provenientes da fração de matéria orgânica removida no processo de tratamento e da fração remanescente de

matéria orgânica e compostos nitrogenados presentes no efluente tratado, que são lançados nos corpos receptores.

O gás metano (CH<sub>4</sub>) gerado pela matéria orgânica removida no tratamento foi calculado por:

$$\sum^y_x \text{Emissões CH}_4 = \sum^y_x [ FE_i \times V_x ( DBO_b - DBO_t ) ] - R$$

$\sum^y_x \text{Emissões CH}_4$  = emissões de CH<sub>4</sub> da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t CH<sub>4</sub> / mês

$FE_i$  = fator de emissão do tratamento  $i$ , t CH<sub>4</sub> / t DBO

$V$  = vazão de esgoto tratada na ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , m<sup>3</sup> / mês

$DBO_b$  = Concentração de DBO do esgoto bruto afluente à ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t DBO / m<sup>3</sup>

$DBO_t$  = Concentração de DBO do esgoto tratado da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t DBO / m<sup>3</sup>

$R$  = quantidade de CH<sub>4</sub> recuperado na ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , CH<sub>4</sub> t / mês

Os fatores de emissão ( $FE_i$ ) variam de acordo com o processo de tratamento adotado, sendo as ETE existentes classificados em aeróbias, anaeróbias ou mistas. Os fatores de emissão são mostrados conforme indicado no Anexo 1.

O fator de emissão para cada unidade de tratamento ( $i$ ) é calculado pela fórmula:

$$FE_i = B_o \times MCF_i$$

$FE_i$  = fator de emissão do tratamento  $i$ , t CH<sub>4</sub> / t DBO

$B_o$  = capacidade máxima de produção, t CH<sub>4</sub> / t DBO, conforme a Anexo 1.

$MCF_i$  = fator de correção-do metano do tratamento  $i$ , conforme a Anexo 1.

A matéria orgânica removida é calculada através da DBO, sendo que, de acordo com as diretrizes do IPCC, a capacidade máxima de produção de metano ( $B_o$ ) é igual a 0,6 tCH<sub>4</sub> / t DBO.

O volume de esgoto tratado, a DBO afluente e a DBO efluente são oriundos do monitoramento da rotina das ETE, sendo vazões monitoradas na rotina operacional e as análises laboratoriais realizadas pelas unidades regionais.

Um importante avanço nessa revisão da metodologia, diz respeito à contabilização do metano queimado ou recuperado, que é abatido do total produzido, possibilitando a redução das emissões de GEE. Embora as ETE de pequeno porte não façam a queima do biogás em flare, algumas unidades de médio e todas as de grande porte o fazem, o que é significativo em termos de emissões, uma vez que correspondem a maior parte do metano gerado na remoção da matéria orgânica.

Em algumas unidades, a queima foi eliminada, com a implantação de processos de aproveitamento do metano, seja na produção de energia elétrica (ETE Arrudas), seja na secagem de lodo (ETE Betim Central e ETE Montes Claros).

O gás metano (CH<sub>4</sub>) gerado pela matéria orgânica presente no efluente tratado foi calculado por:

$$\sum^y_x \textit{Emissões CH}_4 = \sum^y_x [ V \times DBO_t \times B_o \times MCF ]$$

$\sum^y_x \textit{Emissões CH}_4$  = emissões de CH<sub>4</sub> no efluente tratado da ETE<sub>x</sub> no mês<sub>y</sub>, t CH<sub>4</sub> / mês

$V$  = vazão de esgoto tratada na ETE<sub>x</sub> no mês<sub>y</sub>, m<sup>3</sup> / mês

$DBO_t$  = Concentração de DBO no efluente descarregado em ambientes aquáticos da ETE<sub>x</sub> no mês<sub>y</sub>, t DBO /-m<sup>3</sup>

$B_o$  = capacidade máxima de produção de metano, t CH<sub>4</sub> / t DBO

$MCF$  = fator de correção em metano, a partir da matéria orgânica no descarte de efluente, conforme a Anexo 1.

A matéria orgânica presente no esgoto tratado é calculada através da DBO efluente, sendo que, considerado a mesma capacidade máxima de produção de metano (B<sub>0</sub>) utilizada para a matéria orgânica convertida no tratamento. Os dados de volume de esgoto tratado e DBO efluente são oriundos do monitoramento das ETE.

O gás óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) gerado no efluente tratado de cada ETE foi calculado por:

$$\sum^y_x \textit{Emissões N}_2\textit{O} = \sum^y_x ( FE_{\textit{efluente}} \times N_{\textit{efluente}} \times V \times 44/28 )$$

$\sum^y_x \text{Emissões } N_2O =$  emissões de  $N_2O$  no efluente tratado da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t  $N_2O$  / mês

$FE_{efluente}$  = fator de emissão de  $N_2O$  no descarte de efluentes em ambientes aquáticos, t  $N_2O$  -N / t N, conforme a Anexo 1.

$V$  = vazão de esgoto tratado na ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ ,  $m^3$  / mês

$N_{efluente}$  = Concentração de nitrogênio no efluente descarregado em ambientes aquáticos da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t N / / ~~mês~~- $m^3$

44/28 ~~é a~~ = fator de conversão de t  $N_2O$  -N para t  $N_2O$

A concentração de  $N_{efluente}$  foi obtida através das soma das concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico e nitrato medidas do efluente das ETE.

No caso de unidades de tratamento em que não havia disponibilidade de dados para esses parâmetros, foram adotadas as médias mensais dos valores das ETE cujo  $N_{efluente}$  foi medido.

O gás metano ( $CH_4$ ) gerado pela disposição do lodo em aterros sanitários/controlados proveniente do tratamento do esgoto foi calculado por:

$$\sum^y_x \text{Emissões } CH_4 \text{ lodo} = \sum^y_x ( M_{lodo} \times DOC_{lodo} \times U_j \times F_{con} \times F_{met} \times F_{carb} \times FE_{MCF} )$$

$\sum^y_x \text{Emissões } CH_4 \text{ lodo} =$  emissões de  $CH_4$  da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t  $CH_4$  / mês

$M_{lodo}$  = massa de lodo disposta da ETE<sub>x</sub> no mês  $y$ , t / mês

$DOC_{lodo}$  = fração de carbono orgânico degradável no lodo, conforme anexo 2

$U_j$  = % umidade do lodo de acordo com o tipo de processamento  $j$ , conforme anexo 2

$F_{con}$  = fator de conversão de massa molecular de C para  $CH_4$ , conforme anexo 2

$F_{met}$  = fração de  $CH_4$  no biogás conforme anexo 2

$F_{carb}$  = fração do carbono degradável total convertido para biogás conforme anexo 2

~~FE~~- $MCF$  = fator de correção de metano em aterro sanitário, conforme anexo 1

Embora a decomposição do lodo em aterro ocorra ao longo de aproximadamente 20 anos, para a simplificação do cálculo, todo o metano gerado no processo de estabilização do lodo foi reportado em apenas um ano. Essa simplificação evita a contabilização retroativa das emissões provenientes do descarte do lodo nos inventários de anos subsequentes.

### **3.1.2 Esgoto não tratado**

No descarte de efluentes domésticos também são gerados e contabilizados dois tipos de GEE - metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

O gás metano (CH<sub>4</sub>) gerado pelo descarte de esgoto não tratado em meio aquático foi calculado por:

$$\sum_x \text{Emissões } CH_4 = \sum [ (V_c - V_t) \times DBO_r \times Bo \times MCF ]$$

$\sum_x \text{Emissões } CH_4$  = emissões de CH<sub>4</sub> no esgoto não tratado no mês  $x$ , t CH<sub>4</sub> / mês

$V_c$  = vazão mensal de esgoto coletado, m<sup>3</sup> / mês

$V_t$  = vazão mensal de esgoto tratado, m<sup>3</sup> / mês

$DBO_b$  = Concentração de DBO no esgoto bruto, t DBO /-m<sup>3</sup>

$Bo$  = capacidade máxima de produção de t CH<sub>4</sub> / t DBO

$MCF$  = fator de correção em metano, a partir da matéria orgânica no descarte de efluente, conforme a Anexo 1.

A vazão de esgoto coletado foi obtida a partir da soma da vazão coletada de todas as localidades em que há coleta de esgoto, considerando-se cada um dos departamentos operacionais. No caso do esgoto tratado, foi considerada a soma das vazões de todas as ETE operadas por departamento.

A concentração de DBO do esgoto bruto foi obtida a partir da média ponderada das concentrações do esgoto bruto das unidades de tratamento operadas por cada um dos departamentos operacionais, de maneira a melhor representar as variações regionais.

O gás óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) gerado pelo descarte de esgoto bruto em meio aquático pelo foi calculado por:

$$\sum_x \text{Emissões } N_2O = \sum [ FE_{\text{afluente}} \times N_{\text{bruto}} \times (V_c - V_t) \times 44/28 ]$$

$\sum_x \text{Emissões } N_2O$  = emissões de  $N_2O$  no esgoto não tratado no mês  $x$ , t  $N_2O$  / mês

$FE_{\text{efluente}}$  = fator de emissão de  $N_2O$  no descarte de efluentes em ambientes aquáticos, t  $N_2O$  -N / t N, conforme a Anexo 1.

$N_{\text{bruto}}$  = Concentração de nitrogênio do esgoto bruto descarregado em ambientes aquáticos, t N /  $m^3$

$V_c$  = vazão mensal de esgoto coletado,  $m^3$  / mês

$V_t$  = vazão mensal de esgoto tratado,  $m^3$  / mês

44/28 = fator de conversão de t  $N_2O$  -N para t  $N_2O$

$FE_{\text{efluente}}$  = fator de emissão de  $N_2O$  no descarte de efluentes em ~~meio~~-ambientes aquáticos, t  $N_2O$  -N / t N, conforme a Anexo 1.

A concentração de nitrogênio do esgoto bruto foi obtida a partir da média ponderada da soma das concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico das unidades de tratamento operadas por cada um dos departamentos operacionais, de maneira a melhor representar as variações regionais.

### **3.2 Escopo 1 – Queima de combustíveis (Fontes Fixas e Móveis)**

As fórmulas para calcular emissões diretas do escopo 1 provenientes da queima de combustíveis fósseis através da frota própria veicular e equipamentos e foi utilizada a metodologia contida no *Volume 2 “Energy” – Chapter 3 “Mobile Combustion”* do “2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories”. Os fatores de emissão da queima de combustíveis foram extraídos do “GHG Protocol 2014”.

As emissões geradas pela queima de combustíveis fósseis no veículos da frota própria da empresa foram calculadas por:

$$\text{Emissões}_x = C_y \times FE_{xy} \times FC$$

$\text{Emissões}_x$  = emissões do gás  $x$ , t gás $_x$  / mês

$C_y$  = consumo de combustível  $y$ , l combustível  $y$  / mês

$FE_{xy}$  = fator de emissão do gás  $x$  do combustível  $y$ , consultar anexo 1

$FC_y$  = fator de correção para pureza do combustível  $y$ , %, consultar anexo 2

Para a determinação dos fatores de emissão  $FE_{xy}$  foram definidos valores de poder calorífico (GJ/t) e densidade (kg/L) segundo BEN, 2012; BEN, 2014; IPCC, 2006 e MCTI.

### **3.3 Escopo 2 – Energia elétrica**

No cálculo das emissões indiretas do escopo 2 provenientes do consumo de energia elétrica, foram utilizados a metodologia e os fatores de emissão propostos pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT).

$$Emissões\ CO_2 = FE \times CE$$

*Emissões CO<sub>2</sub>* = Emissões de CO<sub>2</sub> , t / mês

*CE* = Consumo de Energia Elétrica , MWh

*FE* = Fator de emissão, tCO<sub>2</sub>/ MWh, consultar anexo 1

### **3.4 Escopo 3 – Viagens aéreas**

As emissões indiretas do escopo 3, provenientes das viagens aéreas nacionais e internacionais dos empregados a serviço da COPASA, foram calculadas através da metodologia descrita no *Volume 2 “Energy” – Chapter 3 “Mobile Combustion”* do “*2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories*”. Os fatores de emissão das viagens dos funcionários da COPASA em aviões a serviço da empresa foram obtidos do “*GHG Protocol 2013*”.

As viagens aéreas são classificadas conforme a distância percorrida, em curtas, médias e longas, sendo os fatores de emissão diferentes para cada classe.

Além das cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>, foram incorporadas ao cálculo as emissões de CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub>.

Estas emissões foram calculadas por:

$$Emissões_x = D \times P \times FE_x$$

$Emissões_x$  = emissões do gás  $x$  nas viagens aéreas, t gás  $x$

$D$  = Distância do trecho do voo, km

$P$  = Número de viagens x número de passageiros na viagem em cada trecho

$FE$  = Fator de emissão para o gás $x$  na queima de querosene de aviação, t gás  $x$ /passageiro x km, consultar anexo 1

### **3.5 Compensação de GEE**

Outro avanço do inventário de GEE 2014 é a contabilização da fixação de CO<sub>2</sub> através de plantio de árvores de espécies nativas da Mata Atlântica e Cerrado brasileiros. Para o cálculo foi utilizada a metodologia proposta pelo *Volume 4 "Agriculture, Forestry and Other Land Use" – Chapter 4 "Forest Land" do "2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories"*.

$$Fixação = TC \times B_x \times C_x \times R \times A$$

$Fixação$  = carbono fixado através do plantio de árvores, t CO<sub>2</sub> / ano

$TC$  = Teor de carbono, consultar anexo 3

$B_x$  = Relação biomassa abaixo/acima do solo, consultar anexo 3

$C_x$  = Crescimento médio vegetal, t / ha 20 anos, consultar anexo 3

$R$  = Relação CO<sub>2</sub>/C, consultar anexo 3

$A$  = Área plantada, ha / ano

A contabilização da fixação de carbono da COPASA em 2014 utilizou dados de plantios realizados pelo Programa de Proteção de Mananciais.

A metodologia estabelecida contabiliza o valor total de carbono fixado no período de 20 anos pós-plantio, reportando-o em um só ano. Essa prática tem como finalidade evitar a contabilização retroativa da fixação de carbono oriunda do plantio a cada ano subsequente.

### **3.6 Contabilização das emissões em CO<sub>2eq</sub>**

Para realizar a contabilização das emissões em CO<sub>2eq</sub> (Gás Carbônico equivalente), foram considerados nos cálculos os valores da tabela a seguir para o potencial de aquecimento global Global Warming Potential – GWP.

Até 2013, o *GHG Protocol* adotava valores cuja referência era o “Second Assessment Report do IPCC”, entretanto, os valores de referência foram alterados, sendo os novos valores os mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1: Valores de GWP**

GEE	GWP	
	Até 2013	Atual
CO <sub>2</sub>	1	1
CH <sub>4</sub>	21	25
N <sub>2</sub> O	310	298

Fonte: *GHG Protocol Brazil*

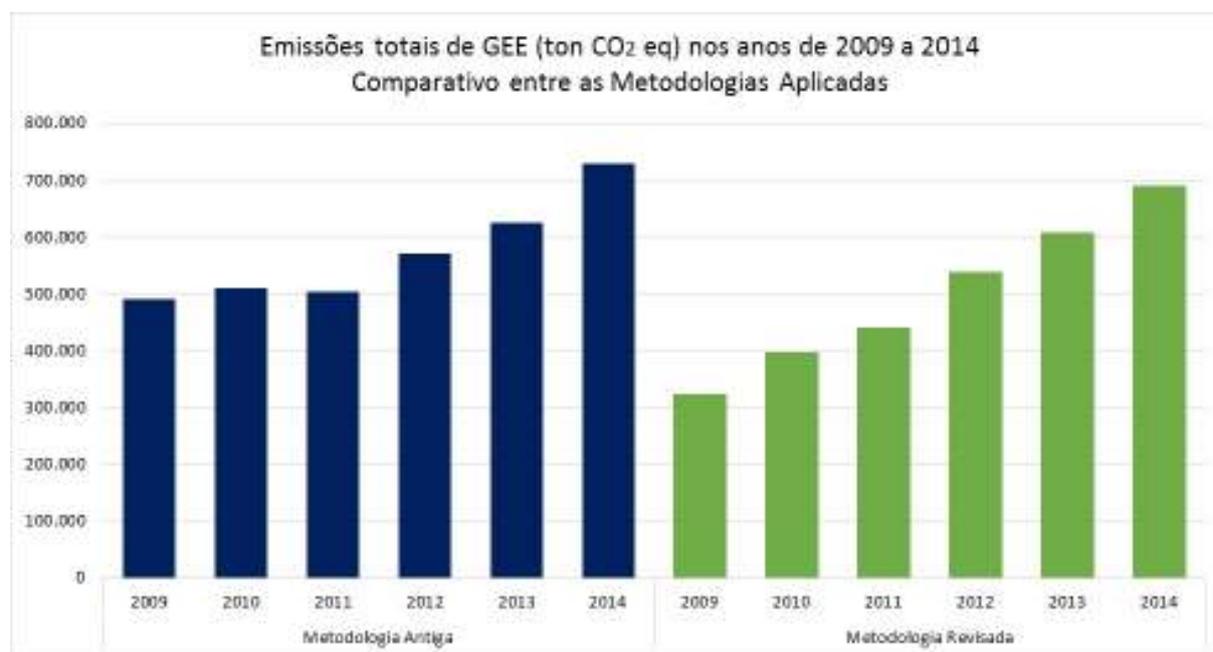
## 4. RESULTADO COMPARATIVO DOS INVENTÁRIOS

### 4.1. Resultado Geral

Nos inventários realizados foram contabilizadas e registradas as emissões relativas aos seguintes GEE: gás carbônico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), de maneira individual ou agregada, em tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente - tCO<sub>2</sub>eq.

A seguir será apresentada a comparação dos resultados gerais dos inventários dos anos de 2009 a 2014, realizados de acordo com as duas metodologias, mostrando a evolução das emissões e as diferenças encontradas.

Na Figura 1 são mostrados os resultados de emissões totais de GEE para os anos de 2009 a 2014, obtidos pelas duas metodologias, a antiga e a revisada. A partir da análise da figura, percebe-se que ambas as metodologias indicam que as emissões estão aumentando ao longo do tempo, sendo que a metodologia revisada mostra uma tendência de crescimento mais acentuada.



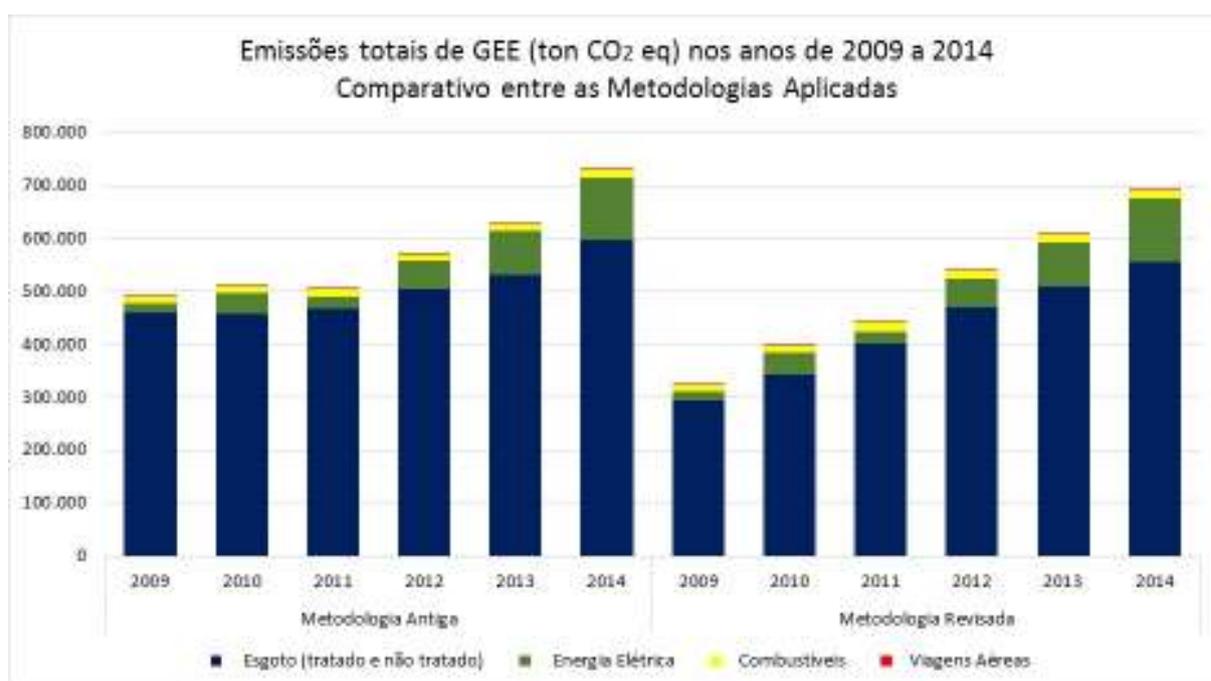
**Figura 1** – Total de emissões GEE COPASA (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias

No ano de 2014, as emissões calculadas por ambas as metodologias encontram-se bastante próximas, sendo que o resultado pela metodologia antiga é ligeiramente superior.

Quando se comparam os resultados obtidos a metodologia revisada resultou em valores menores, especialmente no início do período, diminuindo ao longo do tempo, quase se igualando no ano de 2014.

Para ambas as metodologias, as emissões têm aumentado ao longo do tempo, sendo que a metodologia revisada, mostra uma tendência de crescimento mais acentuada.

Na Figura 2 são mostrados os resultados de emissões totais de GEE com estratificação das emissões por fonte no período estudado, obtidos pelas duas metodologias, a antiga e a revisada.

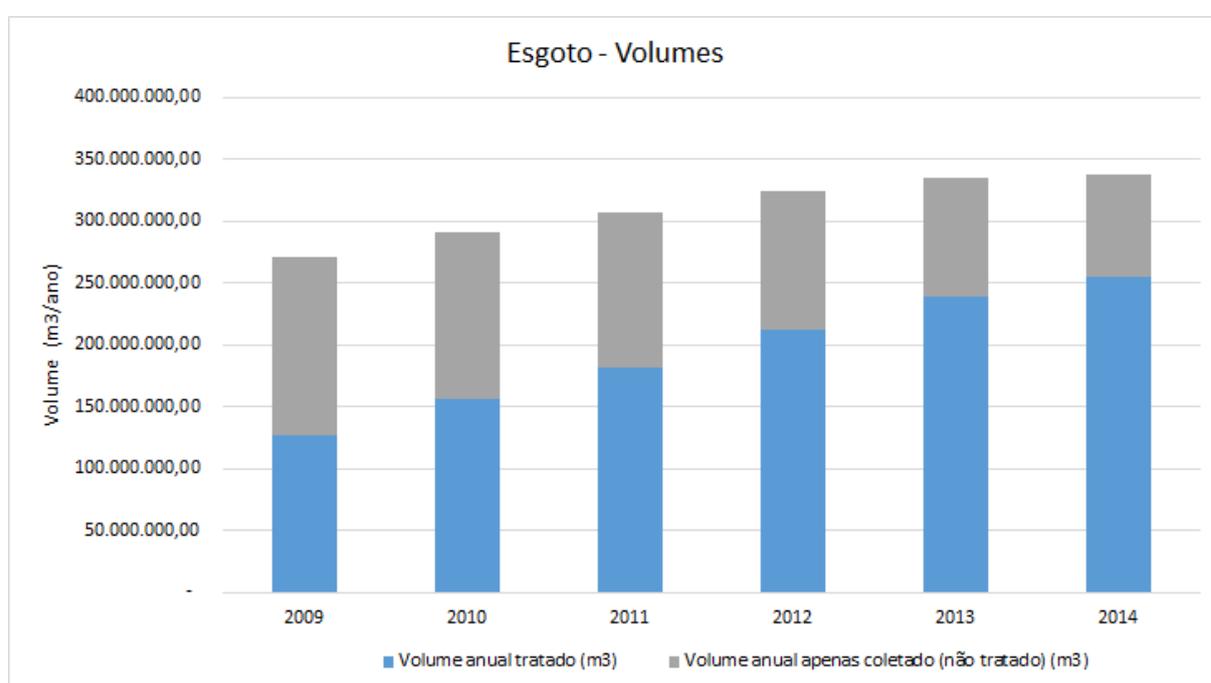


**Figura 3** – Total de emissões GEE COPASA (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias, estratificadas por fonte de emissão

A partir da análise da figura 2, podemos notar que a principal fonte de emissão é o esgoto (tratado e não tratado), seguida pela energia elétrica. Os combustíveis encontram-se em terceiro lugar, seguidos pelas viagens aéreas.

A tendência de aumento das emissões ao longo do período reflete a ampliação do atendimento pelo serviço de esgotamento sanitário, principal fonte de emissões da empresa.

Na Figura 3 é mostrada a evolução dos volumes de esgoto, apresentando ainda a distinção entre os volumes tratado e apenas coletado (não tratado), entre 2009 a 2014. Percebe-se claramente o aumento do volume de esgoto tratado, resultado do implantação de unidades de tratamento de esgotos nas municipalidades servidas.



**Figura 3** – Evolução dos volumes de esgoto tratado e apenas coletado (não tratado) entre 2009/2014

O volume de esgoto total (coletado + tratado) vem aumentando ao longo do tempo, o que ocasiona o aumento das emissões de GEE, visto que essa é a maior fonte de emissão da COPASA, conforme citado anteriormente.

Cabe ressaltar que o volume de esgoto é o mesmo para ambas as metodologias, destacando-se que o perfil do aumento das emissões da empresa na metodologia revisada é bastante similar ao do aumento do volume de esgoto, especialmente com o esgoto tratado, uma vez que os fatores de emissão adotados para as unidades de tratamento é superior ao do esgoto lançado sem tratamento.

Embora todos os componentes tenham passado pela revisão, as maiores diferenças nos resultados das duas metodologias foram encontradas no componente esgoto, entre as quais podemos citar:

- Houve uma alteração significativa nos fatores de emissão, conforme indicado na Tabela 2. Os fatores de emissão referentes aos sistemas de tratamento anaeróbios e mistos aumentaram, enquanto que o de processos aeróbios foi zerado.

**Tabela 2:** Fatores de emissão de matéria orgânica, em termos de DBO, para esgoto

<b>Sistema de tratamento</b>	<b>Metodologia antiga</b>	<b>Metodologia Revisada</b>
Anaeróbio (UASB e lagoas c/ profundidade > 2 m)	0,2	0,48
Aeróbio	0,05	0
Misto (Anaeróbios + Aeróbio)	0,075	0,35
Lodo biológico	Não considerado	0,48

<b>Lançamento em corpo receptor</b>	<b>Metodologia antiga</b>	<b>Metodologia Revisada</b>
Esgoto não tratado	0,2	0,06
Efluente tratado (fração remanescente)	Não considerado	0,06

- O fator de emissão do esgoto bruto diminuiu significativamente, passando de 0,2 para 0,06, Essa diferença colabora para a grande diferença nos resultados entre duas metodologias, uma vez que no período, diversas ETE entraram em operação, com a diminuição significativa do esgoto lançado sem tratamento.
- Houve a introdução do cálculo da fração de matéria orgânica remanescente presente no efluente tratado lançada nos corpos receptores, que não era considerada na metodologia anterior, com a utilização de um fator de emissão adequado.
- Foi adotado o parâmetro DBO no cálculo da matéria orgânica, com o uso de dados primários do monitoramento, sem a introdução de erro pela utilização de fator de correlação DQO/DBO.

- Nas ETE, apenas a matéria orgânica convertida em CH<sub>4</sub> é considerada no cálculo das emissões de GEE, com utilização de fatores de emissão adequados ao processo de tratamento de cada unidade.
- A fração orgânica remanescente lançada no corpo receptor também é contabilizada, utilizando-se um fator de emissão apropriado.
- A recuperação de metano (CH<sub>4</sub>) em aproveitamento energético e ainda a queima do biogás foram quantificadas, possibilitando seu abatimento nas emissões.
- Introdução das emissões provenientes dos lodos gerados no tratamento, embora só tenha sido possível levantar quantitativos de lodo de todas as ETE no ano de 2014. Para os anos de 2019 a 2013, foram contabilizados os dados das unidades de tratamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, que representaram, em 2014, cerca de 87% do lodo gerado. Assim, acredita-se que não há prejuízo considerável da série histórica das emissões através da metodologia revisada.

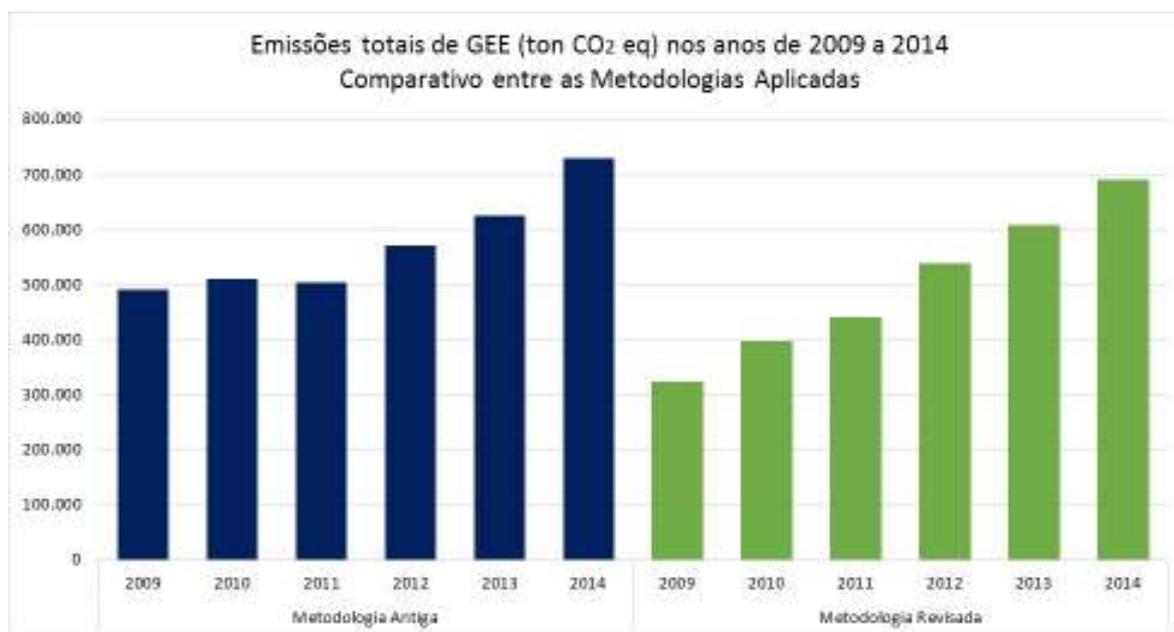
Para os demais componentes da Figura 3, (energia elétrica, combustíveis e viagens aéreas não houve alterações significativas provenientes da revisão da metodologia.

Na metodologia antiga, as viagens de ônibus realizadas pelos empregados eram contabilizadas. Na revisão, esse componente foi eliminado, já que são insignificantes no cômputo total das emissões da empresa, e que não são usualmente contabilizadas em inventários de GEE.

A revisão da metodologia de cálculo teve como objetivos o refinamento do cálculo do inventário e a melhoria da coleta de dados primários, agilizando e prevenindo a ocorrência de erros de lançamento.

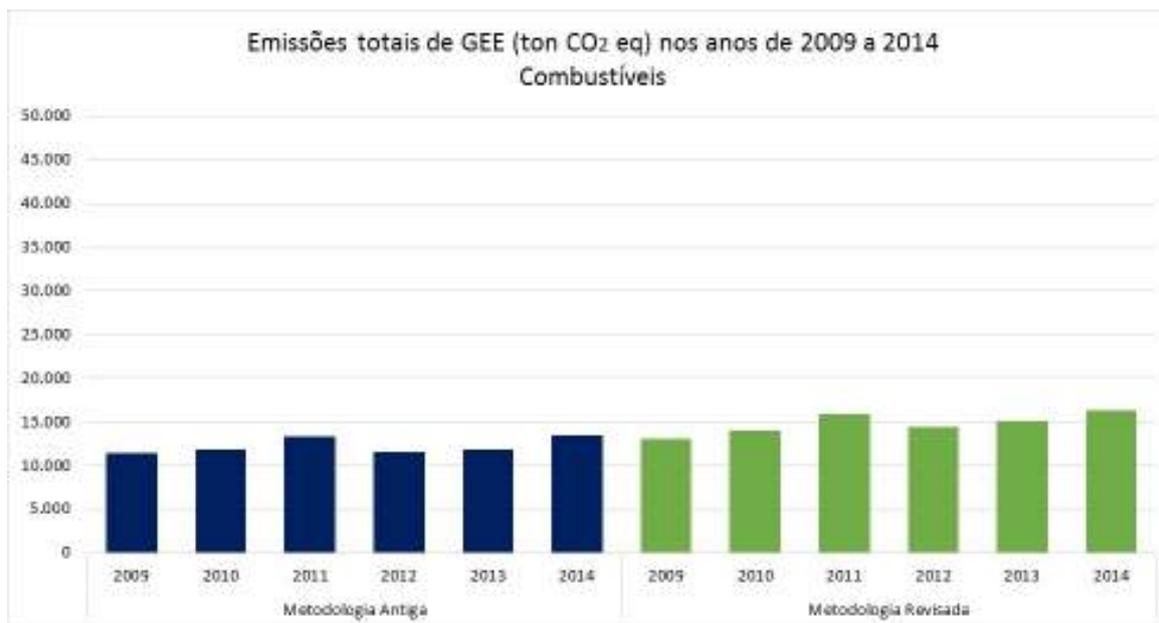
A Figura 4 apresenta os resultados de emissões de GEE do Escopo 1 – Emissões Diretas, que compreende as emissões relativas ao esgoto tratado, ao esgoto lançado in natura (não tratado) e ao consumo de combustíveis, entre os anos de 2009 a 2014, obtidos pelas duas metodologias.

A partir da análise da Figura 4, percebe-se que ambas as metodologias mostram o crescimento das emissões ao longo do tempo, sendo que a metodologia revisada apresenta uma tendência de crescimento mais acentuada, sendo atribuída ao componente esgoto, uma vez que o componente consumo de combustíveis representa uma pequena parcela das emissões e as modificações introduzidas na metodologia para esse componente não alteraram significativamente os resultados obtidos anteriormente.



**Figura 4** – Emissões de GEE totais COPASA (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias

A Figura 5 mostra as somente as emissões do Escopo 1 provenientes da queima de combustíveis.

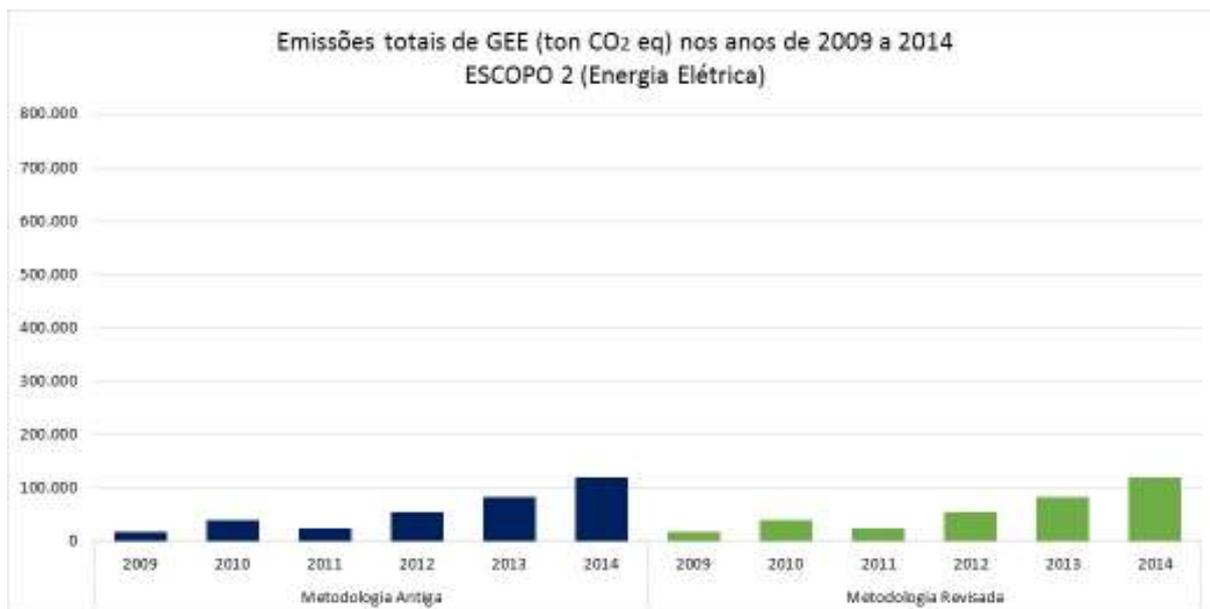


**Figura 5** – Emissões GEE do setor Queima de Combustíveis (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias

As pequenas variações existentes entre as duas se devem aos distintos fatores de emissão para veículos e equipamentos estacionários, que a metodologia antiga não discriminava.

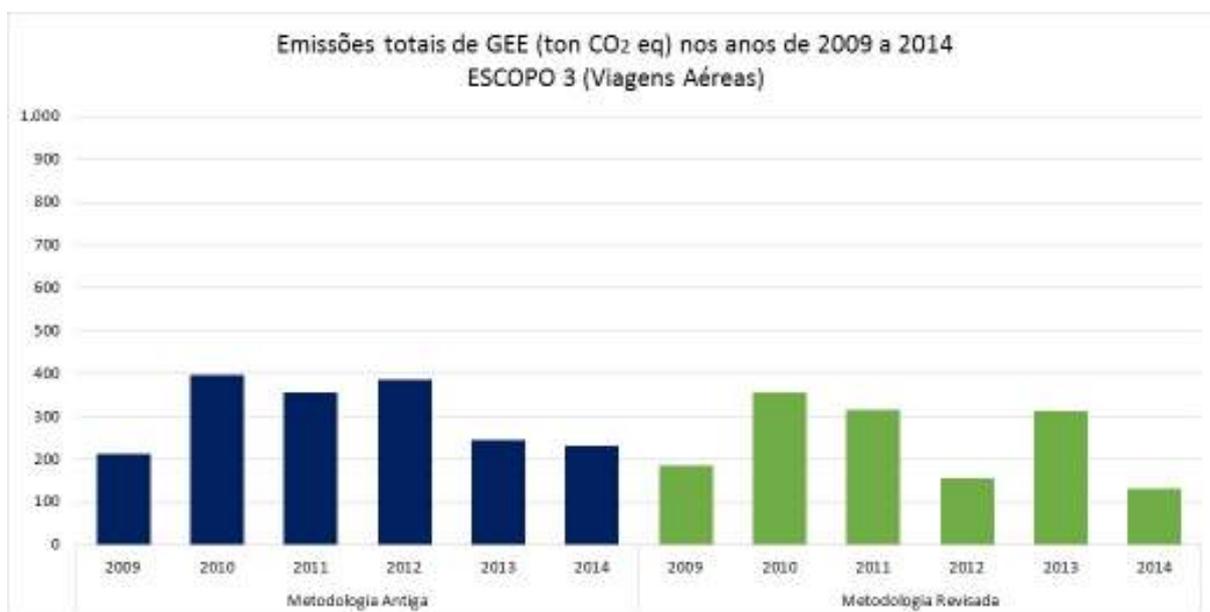
A Figura 6 mostra os resultados de emissões de GEE do Escopo 2 – Emissões por consumo de energia elétrica, entre os anos de 2009 a 2014, obtidos pelas duas metodologias.

As emissões do escopo 2 são idênticas em ambas as metodologias, uma vez que a fórmula de cálculo e os fatores de emissão os mesmos. As emissões vêm aumentando ao longo do tempo, sendo que a partir de 2013, as emissões apresentaram um aumento significativo, causado pelo aumento do fator de emissão decorrente do acionamento das centrais termelétricas, devido ao baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas.



**Figura 6** – Emissões GEE do Escopo 2 (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias

A Figura 7 mostra os resultados de emissões de GEE do Escopo 3 – Emissões Indiretas, oriundas das viagens aéreas realizadas pelos empregados, entre os anos de 2009 a 2014, obtidos pelas duas metodologias.



**Figura 7** – Emissões GEE do Escopo 3 (2009 a 2014) – Comparativo das metodologias

Percebe-se que ambas as metodologias apresentam resultados similares em ordem de grandeza, sendo que no período de 2009 a 2011, as emissões apresentam

valores bem próximos para as duas metodologias e a mesma tendência de crescimento. Já entre os anos 2012 a 2014, os resultados encontrados nas duas metodologias foram bastante diferentes, com perfil de evolução também diversos.

A diferença de comportamento da curva de evolução das duas metodologias nos períodos citados é atribuída aos seguintes fatores:

- Período 2009 – 2011: na nova metodologia, os dados utilizados no cálculo consideram a soma das distâncias de cada uma das classes de viagem (curta, média e longa), sendo aplicados os fatores de emissão revisados, que consideram, além das emissões de CO<sub>2</sub>, já eram consideradas anteriormente, as emissões de CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub>.
- Período 2012 – 2014: todas as viagens realizadas foram lançadas em uma planilha auxiliar de viagem, que automaticamente, através das convenções internacionais dos aeroportos, verifica as distâncias dos trechos, classificando e calculando as emissões. No período considerado, o uso dessa planilha levou a uma diferença no cálculo das emissões anuais, sendo menor do que o calculado pela metodologia antiga em 2012 e 2014, e maior em 2013.

O uso da planilha auxiliar agiliza e evita erros na coleta de dados, propiciando uma maior precisão dos levantamento de dados.

## **4.2 Resultados por fonte de emissão**

A partir daqui, todos os comentários referem-se aos resultados obtidos pela metodologia revisada.

### **4.2.2 Emissões no ano de 2014**

A Figura 8 mostra os resultados das emissões no ano de 2014, discriminadas por fonte. Os sistemas de esgoto sanitário são responsáveis pela maioria absoluta das emissões, produzindo 554.820,33 tonCO<sub>2eq</sub> – (80,37%, sendo 72,36% provenientes do esgoto tratado e 8,01% do esgoto não tratado), seguidas pelas emissões geradas pelo consumo de energia elétrica – 119,830,81 tonCO<sub>2eq</sub> –

(17,36%). As parcelas de menor destaque são o consumo de combustíveis – 16.343,41 tonCO<sub>2eq</sub> – (2,37%) e as viagens aéreas – 130,02 tonCO<sub>2eq</sub> – (0,02%), que representa uma parcela ínfima.

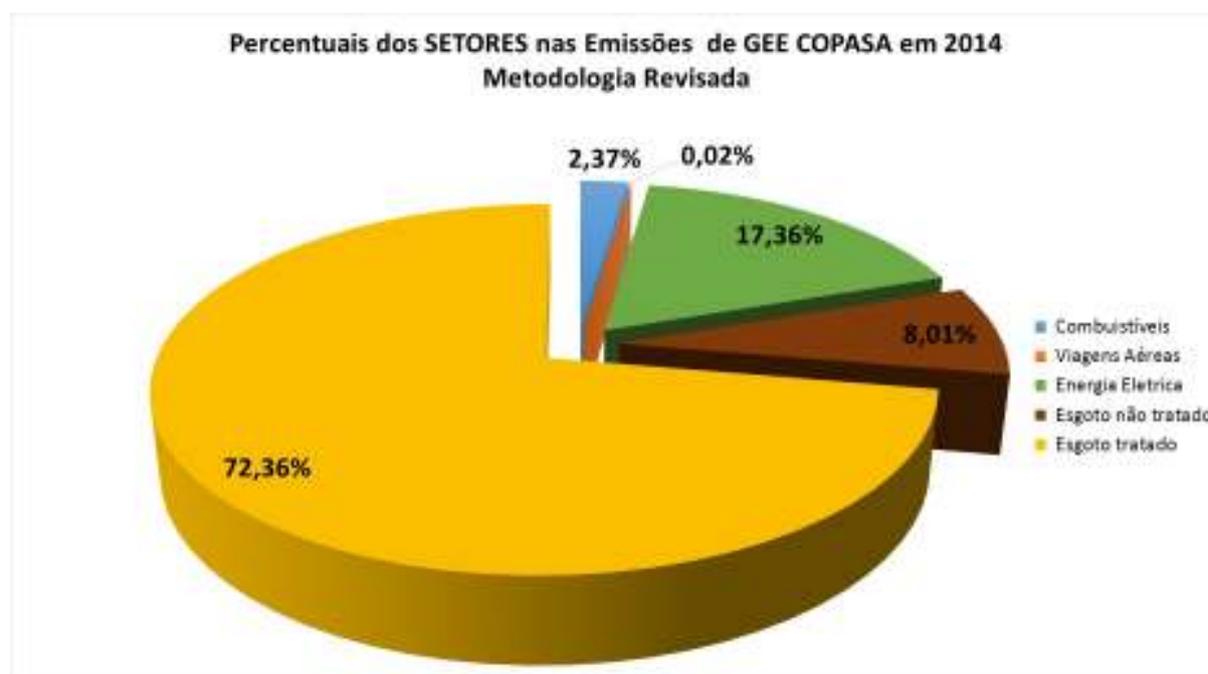


Figura 8 – Percentuais dos Setores nas Emissões de GEE COPASA em 2014

#### 4.2.1 Evolução das emissões na nova metodologia

A Tabela 3 a seguir apresenta a evolução das emissões discriminadas por fonte. O total das emissões vem aumentando ao longo do tempo, uma vez que há aumento na atendimento pelos serviços de esgotamento sanitário, principal fonte de emissão. As emissões de esgoto tratado vem aumentando, com a diminuição das emissões do esgoto não tratado.

As emissões pelo uso da energia elétrica vem aumentando consideravelmente, uma vez que a utilização das centrais termoelétricas tem sido crescente nos últimos anos, em função da diminuição do nível dos reservatórios das usinas hidroelétricas.

Com relação às emissões causadas pelo consumo de combustíveis, percebe-se uma tendência de aumento ao longo do tempo, provavelmente devido ao aumento

da área de cobertura pelos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário pela empresa, embora no ano de 2012, as emissões tenham diminuído.

**Tabela 3:** Evolução de emissões (tonCO<sub>2eq</sub>) de GEE – Metodologia Revisada

Ano	Total COPASA	Esgoto Tratado	Esgoto Não Tratado	Energia Elétrica	Combustíveis	Viagens Aéreas	Plantio
2009	324.524,18	208.051,49	84.928,17	18.331,94	13.028,69	183,89	
2010	397.873,17	271.988,26	71.388,43	40.144,06	13.997,38	355,04	
2011	440.939,92	331.065,86	70.184,37	23.466,00	15.909,31	314,37	
2012	539.148,95	404.681,97	64.920,46	55.033,88	14.358,54	154,10	
2013	607.172,81	453.099,86	55.652,73	82.979,60	15.128,95	311,67	
2014	691.124,59	499.552,38	55.267,95	119.830,81	16.343,44	130,02	(38.884,95)

As emissões por viagens aéreas representam uma parcela infinitesimal do total da empresa, variando entre 130,02 a 355,04 ton CO<sub>2eq</sub>.

O plantio de árvores foi incorporado ao cálculo de emissões em 2014, contabilizando a compensação das emissões, através de fixação de CO<sub>2</sub> pelo plantio de árvores de espécies nativas da Mata Atlântica e Cerrado brasileiros. Em 2014, essa compensação representou cerca de 5,6% do total das emissões.

#### 4.2.2 Coleta de esgoto (tratado e não tratado)

O esgoto coletado pela COPASA, incluindo a fração tratada e não tratada, é a fonte mais significativa de emissão de GEE da empresa. Seguindo a metodologia do IPCC, foram contabilizadas as emissões do CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

A Tabela 4 apresenta os valores das emissões de GEE referentes ao esgoto total coletado, compreendendo as parcelas referentes ao esgoto tratado e não tratado. Na Figura 9, essas emissões são representadas na forma de gráfico. A Figura 10 mostra a evolução do volume de esgoto coletado discriminado em suas parcelas – tratado e não tratado, complementando os dados necessários à análise.

Tabela 4: Emissões (tonCO<sub>2eq</sub>) de GEE do esgoto coletado

Ano	Esgoto Tratado	Esgoto Não Tratado	Total
2009	208.051,49	84.801,01	292.852,49
2010	271.988,26	71.340,33	343.328,59
2011	331.065,86	70.080,31	401.146,17
2012	404.681,97	64.435,27	469.117,25
2013	453.099,86	55.562,56	508.662,42
2014	558.028,69	54.498,09	612.526,78

Percebe-se claramente o aumento das emissões de GEE ao longo dos anos, podendo ser feitas as seguintes considerações:

- O volume de esgoto coletado total vem aumentando significativamente, resultado do crescente atendimento pelos sistemas de esgotamento sanitário, seja pela ampliação na cobertura dos serviços ou pelo adensamento populacional, acarretando o aumento das emissões.
- O volume do esgoto tratado vem aumentando consideravelmente, com a diminuição do lançamento de esgoto bruto nos corpos receptores.

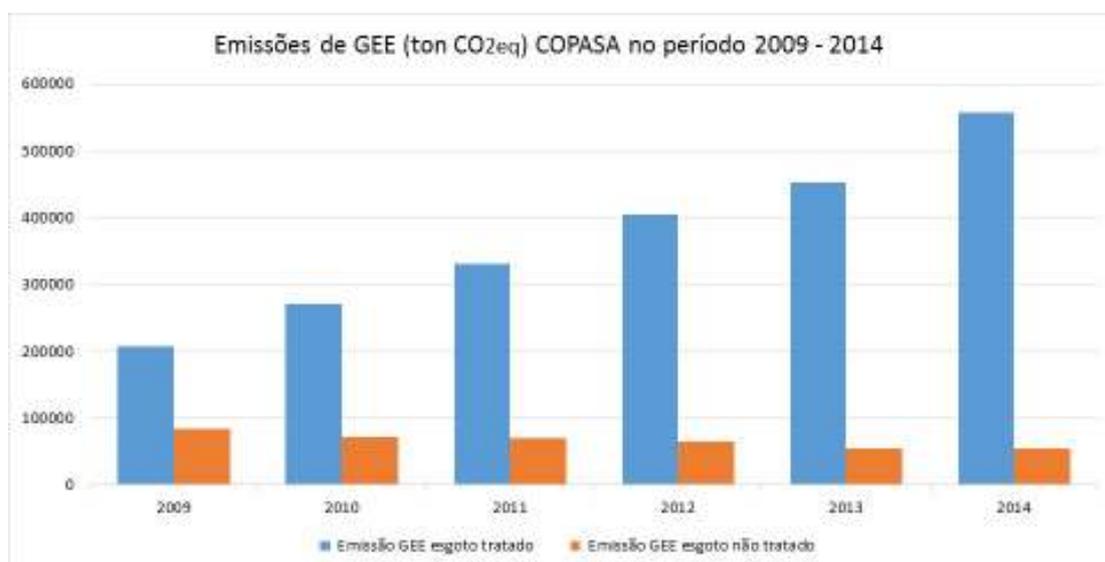
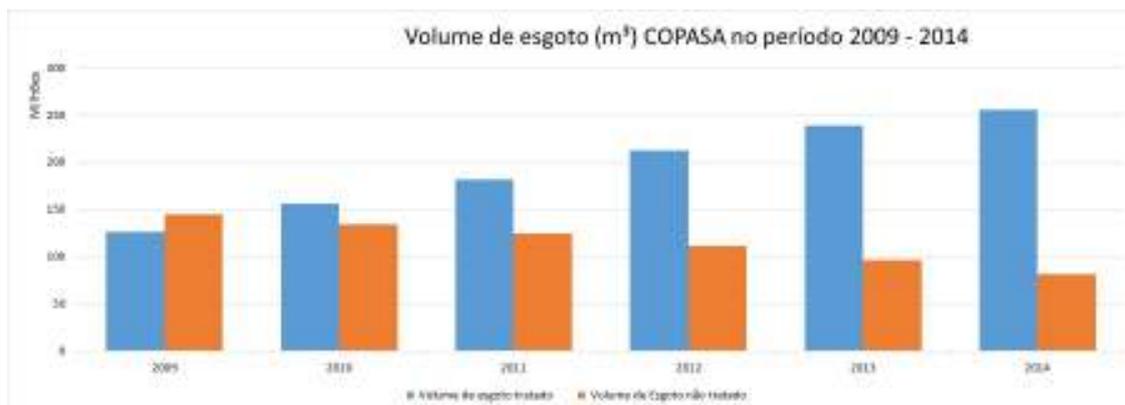


Figura 9 – Emissões GEE do esgoto coletado (tratado e não tratado), de 2009 a 2014



**Figura 10** – Volume de esgoto coletado (tratado e não tratado), de 2009 a 2014

- Com o aumento da fração de esgoto tratado, aumentam também as emissões de GEE, devido à predominância de unidades de tratamento de esgoto constituídas por unidades anaeróbias ou mistas, que apresentam maiores fatores de emissão de GEE.
- O fator de emissão de GEE do esgoto não tratado é menor do que do esgoto tratado. Assim, a redução do volume de esgoto não tratado gera uma diminuição nas emissões, simultaneamente pela diminuição do volume lançado e pelo menor fator de emissão de GEE do esgoto bruto.

Através da queima do biogás captado nas ETE e do aproveitamento do mesmo para coprodução de energia elétrica na ETE ARRUDAS ou para desidratação de lodo, como na ETE Montes Claros, por exemplo, conseguiu-se evitar a emissão de 380,2 tonCO<sub>2eq</sub> em 2014. Significa que 41% das emissões potenciais da ETE foram mitigadas através desses processos operacionais, como é mostrado na figura 11.



Figura 11 – Emissões de GEE evitadas por queima e recuperação de biogás em 2014.

#### 4.2.3 Consumo de Combustível

A Figura 12 apresenta os valores das emissões de GEE referentes à queima de combustíveis entre 2009 e 2014.

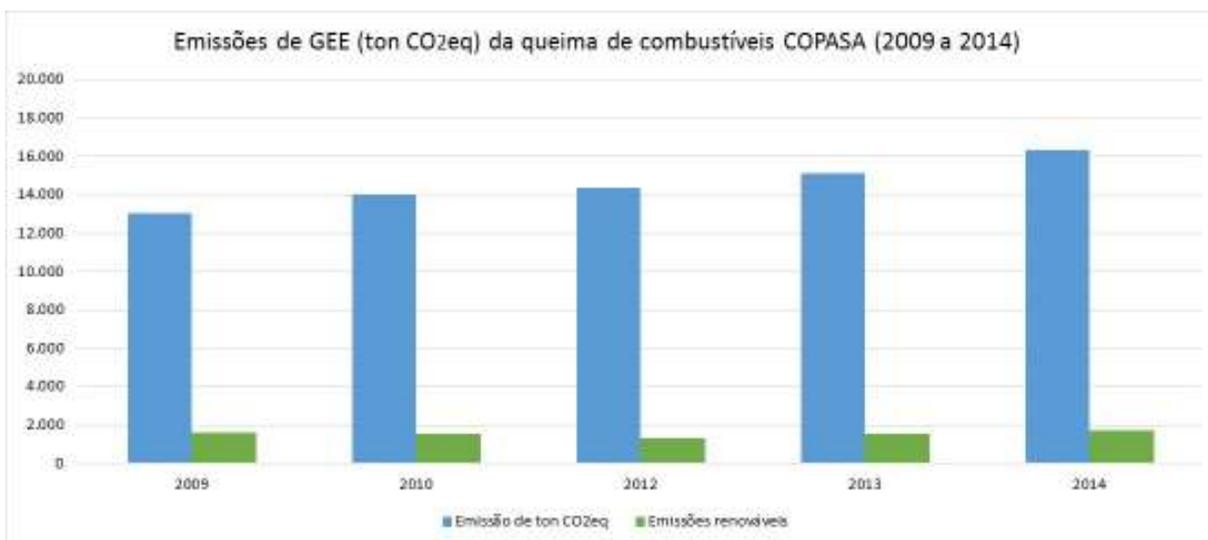
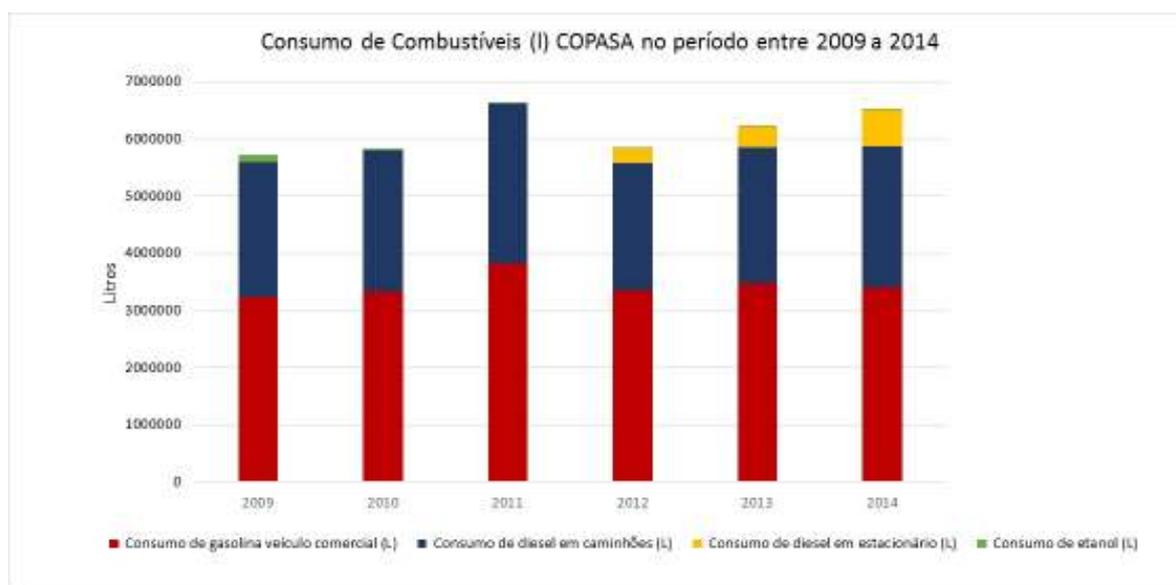


Figura 12 – Emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis, de 2009 a 2014

Nota-se uma tendência de aumento das emissões de GEE através do consumo de combustíveis, embora haja pequenas oscilações nas emissões ao longo do período analisado, com uma diminuição em 2012.

Apesar de representar apenas 2,3% (16.341,43 tonCO<sub>2eq</sub>) das emissões da COPASA em 2014, esse setor possui um potencial de redução de emissões quando se leva em conta que o consumo de combustíveis fósseis é consideravelmente maior que o consumo de combustíveis renováveis.

A Figura 13 é apresentado o consumo de combustíveis, discriminado por tipo de combustível. A gasolina responde pelo maior consumo, seguido do diesel para caminhões. A seguir, vem o diesel em unidades estacionárias, que vem crescendo a partir de 2012, com o uso crescente de geradores nas unidades operacionais. A participação do etanol é insignificante, sendo 2009 o ano de maior consumo.



**Figura 13** – Consumo de combustíveis pela frota própria COPASA, de 2009 a 2014

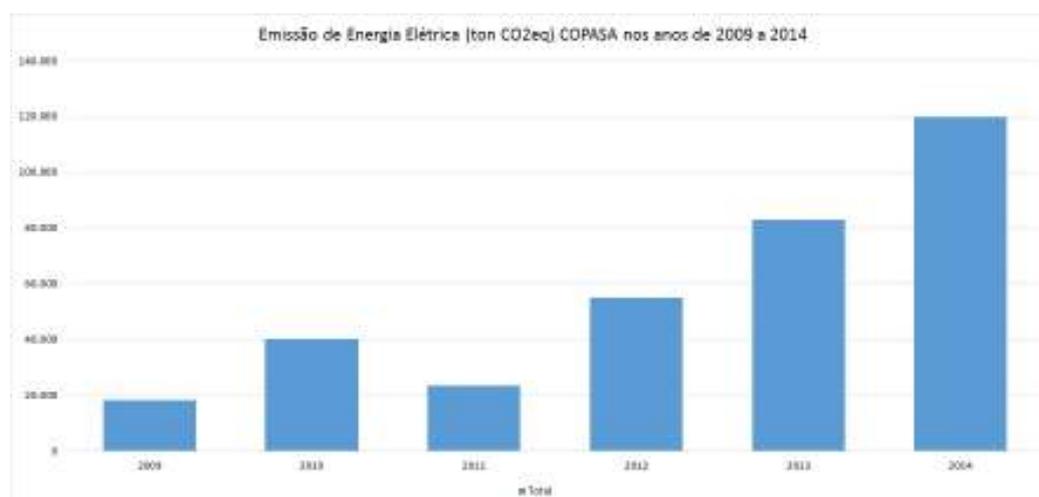
Embora a utilização dos combustíveis contribua com uma parcela pequena do total de emissões, uma maior utilização de combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis, como etanol e o biodiesel, pode reduzir as emissões de GEE desse setor.

#### 4.2.4 Energia Elétrica

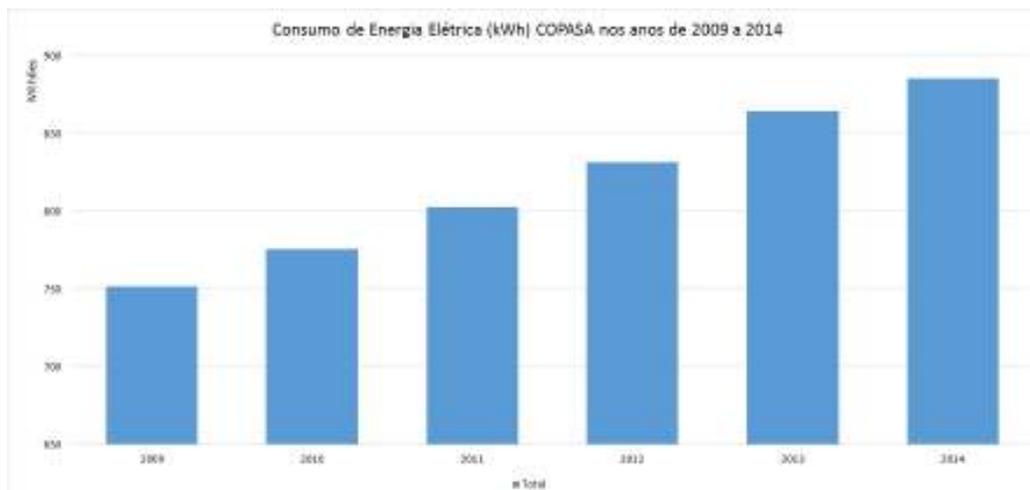
As Figuras 14, 15 e 16 apresentam as emissões de GEE, o consumo de energia elétrica e os fatores de emissão associados ao consumo de energia elétrica entre 2009 e 2014.

Analisando a Figura 14, percebe-se que as emissões vêm aumentando ao longo do tempo, sendo que apesar de um valor menor em 2013, a partir desse ano, as emissões apresentaram um aumento significativo.

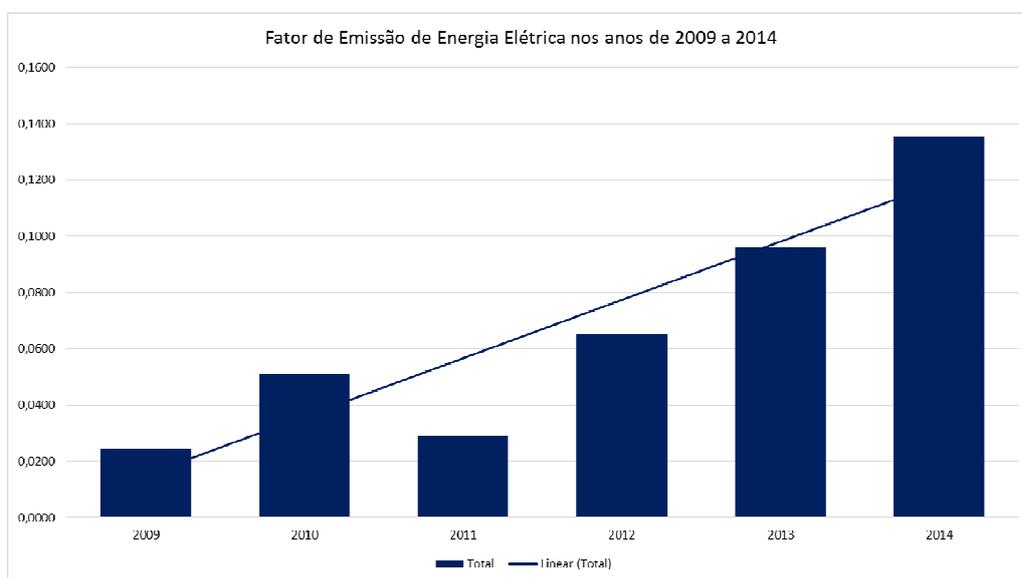
A análise conjunta das figuras 14, 15 e 16 mostra que, embora o consumo de energia elétrica seja crescente ao longo do tempo, o que tem acentuado as emissões de GEE, é o incremento do fator de emissão, a partir de 2012, devido ao acionamento das centrais termelétricas para a produção de energia, em decorrência do baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas. Isso é comprovado pela inclinação semelhante observada nas curvas de emissões e de fator de emissão.



**Figura 14** – Emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica, de 2009 a 2014

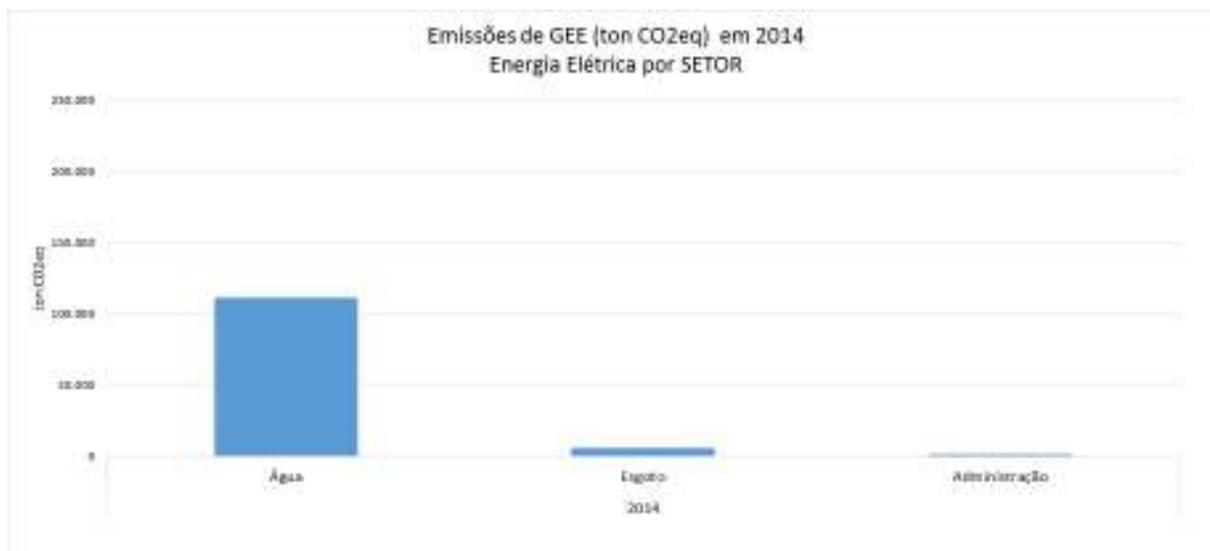


**Figura 15** – Consumo de energia elétrica, de 2009 a 2014



**Figura 16** – Evolução do fator de emissão de energia elétrica, de 2009 a 2014

Na Figura 17, podemos ver as emissões de GEE distribuídas pelos setores abastecimento de água, esgotamento sanitário e administração, consumidores de energia elétrica.



**Figura 17** – Emissão de GEE por setor (energia elétrica) em 2014

O setor de tratamento e distribuição de água é o responsável pela maior consumo de energia elétrica na COPASA e, conseqüentemente, pela maior parcela de emissão de GEE (Figura 17) do Escopo 2. Isto se deve à grande quantidade de unidades consumidoras utilizadas no tratamento e distribuição de água, em mais de 600 localidades do estado de Minas Gerais, que utilizam sistemas de bombeamento de água.

O Programa de Eficiência Energética pode contribuir para a redução das emissões de GEE, uma vez que tem como objetivos: a redução das perdas de água no sistema de distribuição, a redução do uso da energia elétrica nos processos da empresa, a substituição da energia adquirida do Sistema Integrado Nacional (SIN) pela autoprodução com fontes renováveis e a neutralização de carbono.

#### 4.2.5 Viagens aéreas

A Figura 18 apresenta os valores das emissões de GEE referentes às viagens aéreas de empregados, entre 2009 e 2014. Observa-se a oscilação das emissões ao longo do período analisado, sem apresentação de tendência ao longo do período analisado. As emissões por viagens aéreas representam uma parcela infinitesimal do total da empresa.

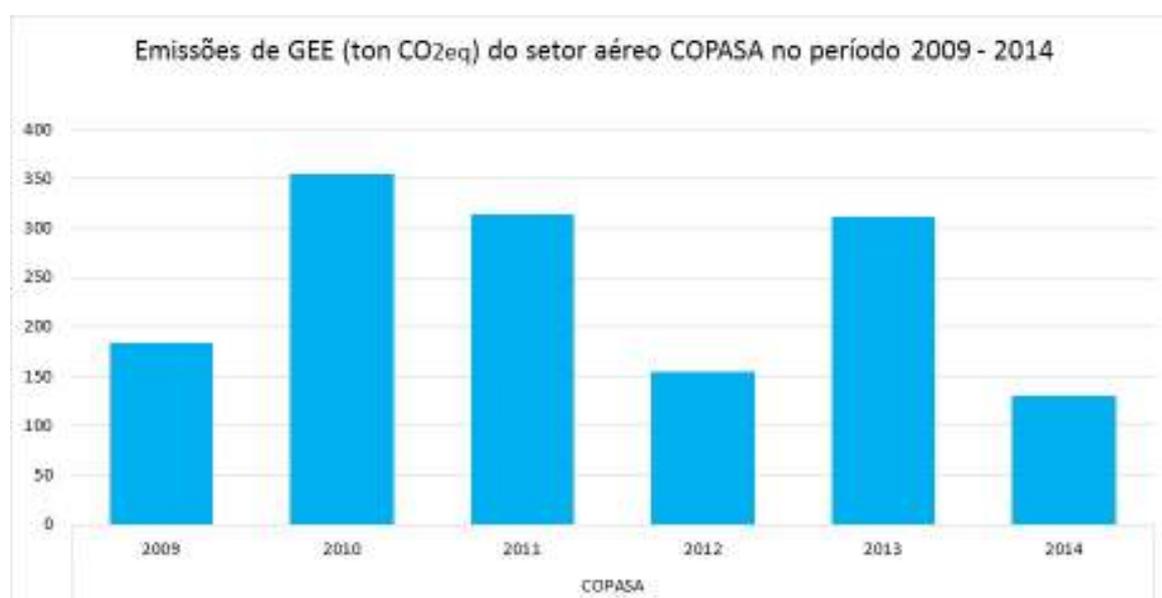


Figura 18 – Emissões de GEE provenientes das viagens aéreas de empregados, de 2009 a 2014

#### 4.2.6 Plantio árvores

O plantio de árvores para a recuperação de matas ciliares foi um item introduzido na metodologia revisada.

Infelizmente, as informações para a alimentação de dados para os cálculos não se encontram sistematizadas nas rotinas da empresa, não tendo sido possível recuperar as informações de 2009 a 2014. Portanto, a coleta sistematizada desses dados uma ação prioritária para o próximo inventário.

A única informação disponível é referente ao plantio de árvores para a proteção de mananciais e recuperação de matas ciliares, coordenado pela SPAM.

No ano de 2014, foram plantados 92,5 ha de mudas nativas, em 47 localidades, correspondendo à fixação de 38,0 toneladas de carbono.

Apenas esse dado foi reportado no inventário, embora a empresa possua várias outras práticas descentralizadas que visam a recuperação de matas ciliares, nascentes e sub-bacias de um modo geral.

### 4.3 Índices

Foram criados alguns índices para possibilitar uma visualização das tendências de evolução das emissões de GEE na empresa, uma vez que a cobertura no atendimento pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é crescente, com o aumento do volume de água fornecido e também do volume de esgoto coletado, e conseqüente incremento das emissões de GEE.

Foram criados quatro índices, descritos a seguir.

#### 4.3.1 GEET – Gás de efeito estufa gerado pelo esgoto tratado

Esse índice pode ser calculado pela fórmula abaixo, representa a emissão de GEE por volume unitário de esgoto tratado.

$$GEET = \frac{\text{Emissões totais do tratamento de esgoto (Kg CO}_2\text{e)}}{\text{Volume de esgoto tratado (m}^3\text{)}}$$

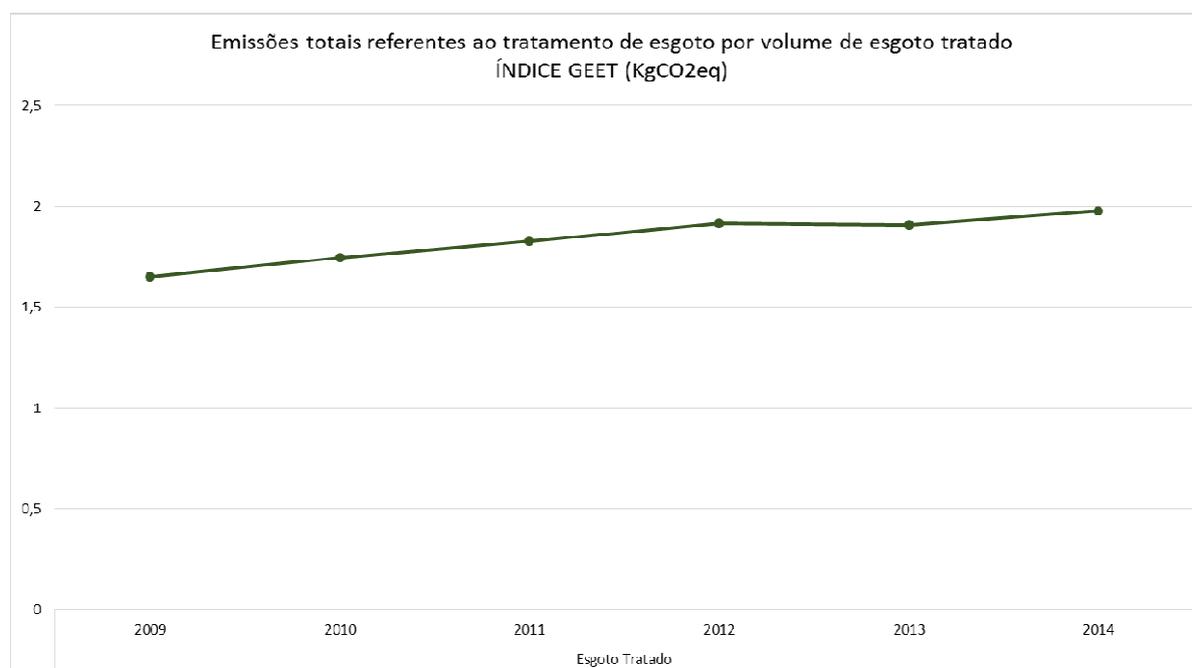
A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para o índice GEET entre os anos 2009 a 2014, sendo a evolução dos índices mostrada no gráfico da Figura 19.

No período analisado, o índice GEET tem sido crescente. O crescimento do índice reflete o aumento do número de ETE em operação, com a predominância de unidades de tratamento constituídas por unidades anaeróbias ou mistas, que apresentam maiores fatores de emissão de GEE. Além disso, houve a diminuição de esgoto bruto lançado, que apresenta fator de emissão inferior ao do esgoto tratado.

**Tabela 5:** Evolução do índice GEET – GEE gerado pelo esgoto tratado, entre 2009 e 2014

Ano	Volume de esgoto tratado (m <sup>3</sup> )	Emissões Totais referentes ao tratamento de esgoto* (Escopo 1 e 2) (tCO <sub>2</sub> eq)	Índice (kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> )
2009	126.330.158,30	208.665,63	1,65
2010	156.799.597,82	273.499,11	1,74
2011	181.778.011,49	332.018,40	1,83
2012	212.346.472,32	406.861,03	1,92
2013	238.973.926,75	456.218,29	1,91
2014	255.522.237,98	505.686,46	1,96

\*Essas emissões consideram o tratamento do esgoto, o efluente lançado em corpo hídrico pós-tratamento, a destinação do lodo de ETE, a queima e/ou recuperação do metano e o consumo de energia elétrica para a componente Esgoto.



**Figura 19 –** Evolução do índice GEET – Gás de efeito estufa gerado pelo esgoto tratado, entre 2009 e 2014

#### 4.3.2 GEEA – Gás de efeito estufa gerado no tratamento e distribuição de água

Esse índice pode ser calculado pela fórmula abaixo, representa a emissão de GEE geradas pelo consumo de energia elétrica no tratamento e distribuição de água por volume unitário de água produzida e distribuída pela empresa.

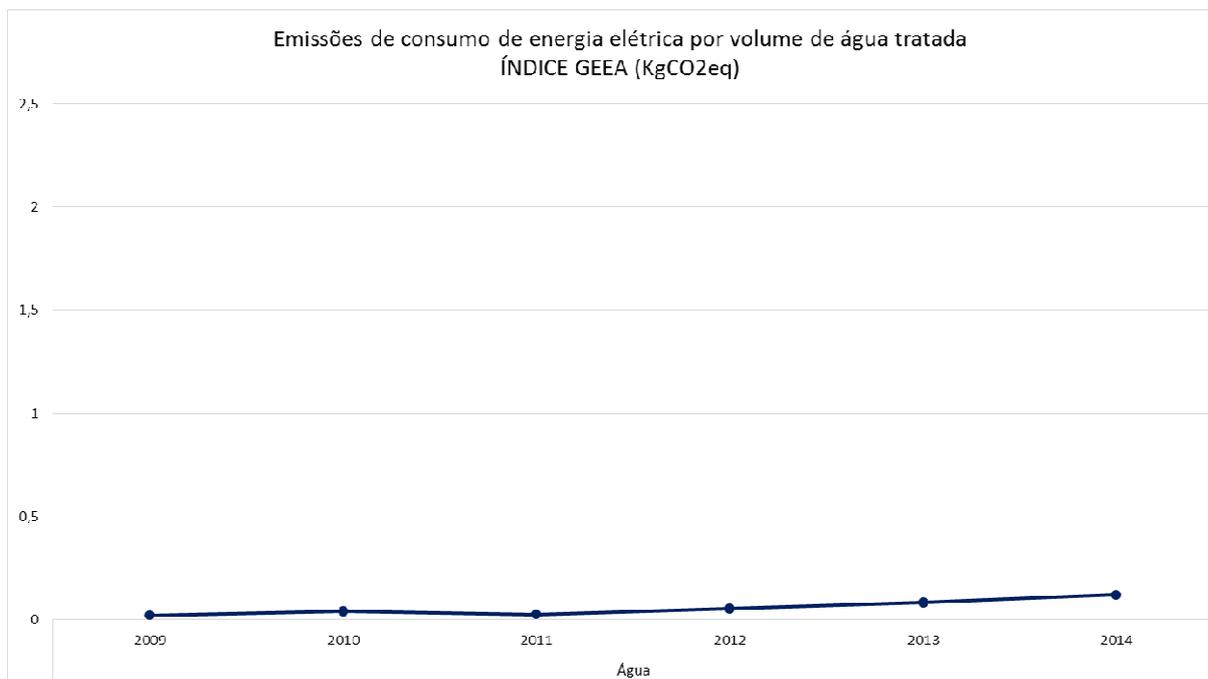
$$GEEA = \frac{\text{Emissões de consumo de energia elétrica nos SAA (kg CO}_2\text{e)}}{\text{Volume de água tratada (m}^3\text{)}}$$

A Tabela 6 apresenta o cálculo do índice GEEA entre os anos 2009 a 2014, com a evolução dos índices apresentada na forma de gráfico na Figura 20.

**Tabela 6:** Evolução do índice GEEA – GEE gerado no tratamento e distribuição de água, entre 2009 e 2014

Ano	Volume de água tratado (m <sup>3</sup> )	Emissões de consumo de energia elétrica Escopo 2 (tCO <sub>2eq</sub> )	Índice (KgCO <sub>2eq</sub> /m <sup>3</sup> )
2009	797.904.091	17.458,01	0,021
2010	843.241.726	38.082,14	0,045
2011	881.868.022	22.189,35	0,025
2012	913.470.333	51.974,53	0,056
2013	929.225.688	78.521,94	0,084
2014	929.509.906	111.831,09	0,120

No período analisado, o índice GEEA tem sido crescente, com exceção do ano de 2011. O crescimento do índice reflete o incremento do fator de emissão, especialmente a partir de 2012, devido ao acionamento das centrais termelétricas para a produção de energia, em decorrência do baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas.



**Figura 20** – Evolução do índice GEEA – Gás de efeito estufa gerado no tratamento e distribuição de água entre 2009 e 2014

#### 4.3.3 GEEE – Gás de efeito estufa total por economia atendida

Esse índice representa a emissão total de GEE geradas nas atividades da empresa, dividido pelo número de economias atendidas, sendo calculado pela fórmula abaixo.

$$GEEE = \frac{\text{Emissões totais COPASA (Kg CO2e)}}{\text{Número de Economias}}$$

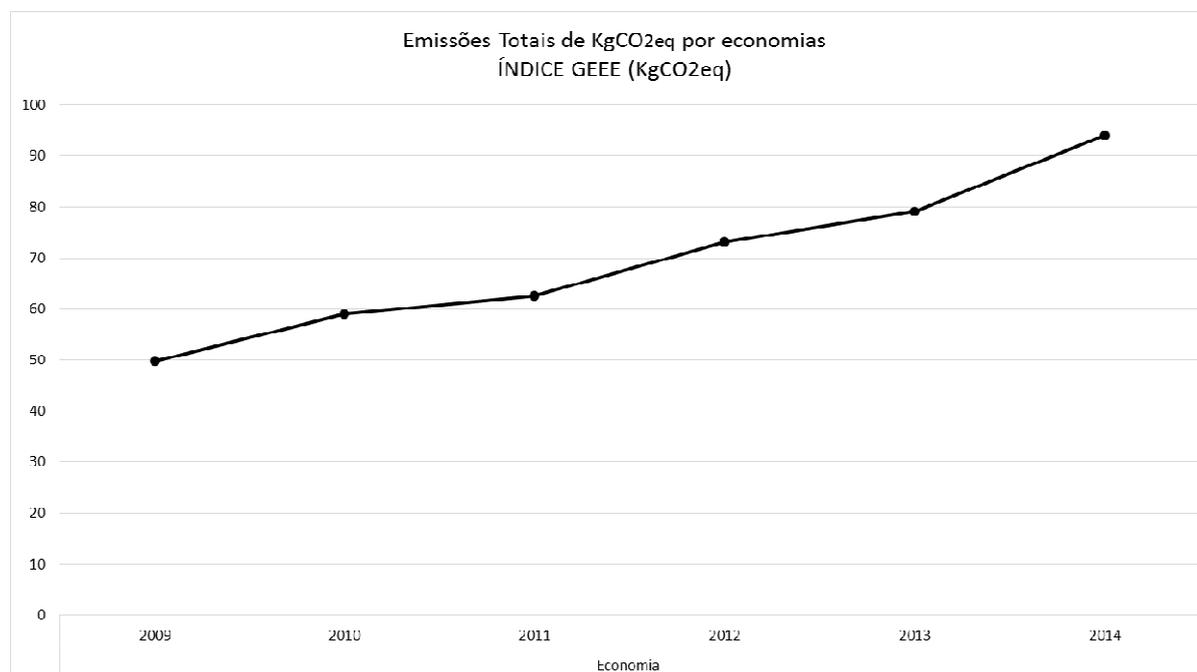
A Tabela 7 apresenta o cálculo do índice GEEA entre os anos 2009 a 2014, com a evolução dos índices apresentada na forma de gráfico na Figura 21.

No período analisado, o índice GEEE tem sido crescente. O crescimento do índice reflete o incremento no tratamento de esgotos, principal fonte de emissão da empresa, que vem acontecendo nos últimos anos e reflete a predominância na implantação de unidades de tratamento anaeróbias ou mistas. O consumo de energia

elétrica, segunda fonte de emissão da empresa, também contribui para o aumento do índice, dado o incremento do fator de emissão, pelo acionamento das centrais termelétricas, em decorrência do baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas.

**Tabela 7:** Evolução do índice GEEE – GEE gerado em nas atividades da empresa por economia atendida, entre 2009 e 2014

Ano	Número de Economias	Emissões totais COPASA (tCO <sub>2</sub> eq)	Índice (kgCO <sub>2</sub> e/nº economias)
2009	6.509.784	324.397,01	49,83
2010	6.746.405	397.825,07	58,97
2011	7.047.548	440.835,85	62,55
2012	7.371.362	538.663,76	73,08
2013	7.676.100	607.082,64	79,09
2014	7.964.445	651.469,79	81,80



**Figura 21 –** Evolução do índice GEEE – Gás de efeito estufa gerado nas atividades da empresa por economia atendida, entre 2009 e 2014

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como principal emissor de GEE dentre os setores da COPASA, o tratamento de esgoto emite 72,36% dos gases e portanto requer atenção especial nas ações de mitigação e redução.

Em 2014, através dos queimadores ou do reaproveitamento energético do biogás gerado nas ETE, foi evitada a emissão de 380,2 tCO<sub>2eq</sub>, o que corresponde à 41% das emissões potenciais de todas ETE da COPASA. Entretanto, podemos avançar, visto que a maioria dos sistemas de tratamento de esgoto da COPASA possuem estruturas para captação e manejo dos gases gerados.

Acredita-se que a revisão da metodologia de cálculo do inventário trouxe uma melhoria na quantificação das emissões, seja através da revisão dos fatores de emissão, especialmente os ligados ao esgoto, principal fonte de emissão da empresa, seja pela incorporação de novos cálculos para considerar outras emissões (lodo, fração orgânica remanescente no efluente tratado, desmate para implantação de unidades) e deduções (aproveitamento e queima de biogás, plantio de árvores).

A partir da metodologia revisada, espera-se que, as atividades da empresa geradoras de GEE tenham sido melhor quantificadas. Os dados levantados desde ano base 2009 foram reportados para a metodologia revisada, de maneira a tornar as informações coerentes e consistentes ao longo de todo o período inventariado.

A revisão da metodologia de cálculo possibilitou o refinamento do cálculo do inventário e a melhoria da coleta de dados primários, agilizando e prevenindo a ocorrência de erros de lançamento.

Para continuar avançando, algumas rotinas de coleta de dados deverão ser implantadas para permitir que o inventário seja cada vez mais representativo. A melhor quantificação das emissões subsidiará a proposição de ações para a redução das emissões de GEE no âmbito da empresa.

## 6. BIBLIOGRAFIA

GHG Protocol Corporate Standard (The Greenhouse Gas Protocol). [2013]. Disponível em: <http://www.ghgprotocol.org/> . Acesso em: 25 de abril de 2015.

GHG Protocol Corporate Standard (The Greenhouse Gas Protocol). [2014] Disponível em: <http://www.ghgprotocol.org/> . Acesso em: 25 de abril de 2015.

GHG Brasil. Programa Brasileiro GHG Protocol. São Paulo 2013. Disponível em <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=1> Acesso em: 25 de abril de 2015.

IPCC. 2006. *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>. Acesso em 20 setembro de 2015.

## ANEXO 1

→ **FE<sub>i</sub>** = fator de emissão do tratamento i:

- FE<sub>i</sub> Aeróbico = 0 t CH<sub>4</sub> / t DBO IPCC, 2006.
- FE<sub>i</sub> Anaeróbico (UASB e Lagoas > 2m) = 0,48 t CH<sub>4</sub> / t DBO IPCC, 2006.
- FE<sub>i</sub> Misto = 0,345 t CH<sub>4</sub> / t DBO IPCC, 2006.

→ **MCF<sub>i</sub>** = fator de correção do metano do tratamento i:

- MCF<sub>i</sub> Aeróbico = 0 IPCC, 2006.
- MCF<sub>i</sub> Anaeróbico (UASB e Lagoas > 2m) = 0,80 IPCC, 2006.
- MCF<sub>i</sub> Misto = 0,575 IPCC, 2006.
- MCF<sub>i</sub> Anaeróbico (UASB e Lagoas < 2m) = 0,2 IPCC, 2006.

→ **B<sub>o</sub>** = capacidade máxima de produção de metano a partir da DBO:

- B<sub>o</sub> = 0,6 t CH<sub>4</sub> / t DBO IPCC, 2006.

→ **MCF** = fator de correção em metano, a partir da matéria orgânica presente no descarte de efluente:

- MCF descarte de efluente = 0,1 IPCC, 2006.

→ **FE** = fator de emissão de N<sub>2</sub>O, a partir do nitrogênio presente no descarte de efluente em ambientes aquáticos:

- FE = 0,005 t N<sub>2</sub>O-N/t N IPCC, 2006.

→ **MCF** = fator de correção de metano em aterro sanitário:

- MCF fator de conversão de metano em aterro sanitário = 100% IPCC, 2006

→ **FE<sub>xy</sub>** = fator de emissão do gás x do combustível y:

- FE CO<sub>2</sub> gasolina C (tCO<sub>2</sub>/L) = 0,00224. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 43,54272 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,742 kg/L (BEN, 2012); 69.300 kgCO<sub>2</sub>/TJ (MCTI, 2010).
- FE CH<sub>4</sub> gasolina C (tCH<sub>4</sub>/L) = 0,0000001. GHG Protocol, 2014. Considerando dados de 2014 de veículos comercial leve a gasolina: 0,006 gCH<sub>4</sub>/km.
- FE N<sub>2</sub>O gasolina C (tN<sub>2</sub>O/L) = 0,0000003. GHG Protocol, 2014. Considerando dados de 2014 de veículos comercial leve a gasolina: 0,024 gCH<sub>4</sub>/km e 11,3 km/l.

- FE CO<sub>2</sub> diesel comum (tCO<sub>2</sub>/L) = 0,00263209. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 42,28668 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,840 kg/L (BEN, 2012); 74.100 kgCO<sub>2</sub>/TJ (MCTI, 2010).
- FE CH<sub>4</sub> diesel comum para caminhões (tCH<sub>4</sub>/L) = 0,00000034. GHG Protocol, 2014. Considerando caminhão médio: 0,060 gCH<sub>4</sub>/km e 5,6 km/l.
- FE N<sub>2</sub>O diesel comum para caminhões (tN<sub>2</sub>O/L) = 0,00000017. GHG Protocol, 2014. Considerando caminhão médio: 0,03 gCH<sub>4</sub>/km e 5,6 km/l.
- FE CH<sub>4</sub> diesel comum estacionário (tCH<sub>4</sub>/L) = 0,00000036. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 42,28668 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,840 kg/L (BEN, 2012); 10 kgCH<sub>4</sub>/TJ (MCTI, 2010).
- FE N<sub>2</sub>O diesel comum estacionário (tN<sub>2</sub>O/L) = 0,00000002. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 42,28668 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,840 kg/L (BEN, 2012); 0,6 kgCH<sub>4</sub>/TJ (MCTI, 2010).
- FE CO<sub>2</sub> etanol anidro (tCO<sub>2</sub>/L) = 0,001526. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 28,2609 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,791 kg/L (BEN, 2012); 68.933 kgCO<sub>2</sub>/TJ (MCTI, 2010).
- FE CH<sub>4</sub> etanol anidro (tCH<sub>4</sub>/L) = 0,00000002. GHG Protocol, 2014. Considerando Densidade = 0,791 kg/L (BEN, 2014); PCI = 28,2609 GJ/t (BEN, 2012); FE = 10kgCH<sub>4</sub>/TJ.
- FE N<sub>2</sub>O etanol anidro (tN<sub>2</sub>O/L) = 0,00000001. GHG Protocol, 2014. Considerando Densidade = 0,791 kg/L (BEN, 2014); PCI = 28,2609 GJ/t (BEN, 2012); FE = 0,6kgCH<sub>4</sub>/TJ.
- FE CO<sub>2</sub> biodiesel puro (tCO<sub>2</sub>/L) = 0,00235. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 37,6812 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,880 kg/L (BEN, 2012); 70.800 kgCO<sub>2</sub>/TJ (IPCC, 2006).
- FE CH<sub>4</sub> biodiesel puro (tCH<sub>4</sub>/L) = 0,00033. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 37,6812 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,880 kg/L (BEN, 2012); 10 kgCH<sub>4</sub>/TJ (IPCC, 2006).
- FE N<sub>2</sub>O biodiesel puro (tN<sub>2</sub>O/L) = 0,00002. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 37,6812 GJ/t (BEN, 2012); densidade = 0,880 kg/L (BEN, 2012); 0,6 kgCH<sub>4</sub>/TJ (IPCC, 2006).
- FE CO<sub>2</sub> GNV (tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) = 0,001999. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 8.800 kcal/kg (BEN,2014).
- FE CH<sub>4</sub> GNV (tCH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>) = 0,0000034. GHG Protocol, 2014. Considerando PCI = 8.800 kcal/kg (BEN,2014).
- FE N<sub>2</sub>O GNV (tN<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>) = 0,0000001. FE N<sub>2</sub>O GNV (tN<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>). Considerando PCI = 8.800 kcal/kg (BEN,2014).

→ **FE = Fator de emissão para Energia Elétrica**

- FE = de 0,0162 a 0,1578 tCO<sub>2</sub> / MWh. ( variável conforme a época do ano, sendo definido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, de acordo com a matriz energética utilizado no período )

→ **FE = Fator de emissão para o gás<sub>x</sub> na queima de querosene de aviação, t gás<sub>x</sub>/passageiro x km**

- FE para viagens aéreas/Comercial/Curta Distância/Querosene de aviação (tCO<sub>2</sub>/(passageiro\*km)) = 0,00016513. GHG Protocol, 2013.

- FE para viagens aéreas/Comercial/Curta Distância/Querosene de aviação (tCH<sub>4</sub>/(passageiro\*km)) = 0,00000000476190476. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Curta Distância/Querosene de aviação (tN<sub>2</sub>O/(passageiro\*km)) = 0,00000000525806452. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Média Distância/Querosene de aviação (tCO<sub>2</sub>/(passageiro\*km)) = 0,00009429. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Média Distância/Querosene de aviação (tCH<sub>4</sub>/(passageiro\*km)) = 0,000000004761904761905. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Média Distância/Querosene de aviação (tN<sub>2</sub>O/(passageiro\*km)) = 0,000000003419354839. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Longa Distância/Querosene de aviação (tCO<sub>2</sub>/(passageiro\*km)) = 0,00010789. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Longa Distância/Querosene de aviação (tCH<sub>4</sub>/(passageiro\*km)) = 0,000000004761904761905. GHG Protocol, 2013.
- FE para viagens aéreas/Comercial/Longa Distância/Querosene de aviação (tN<sub>2</sub>O/(passageiro\*km)) = 0,000000003419354839. GHG Protocol, 2013.

## ANEXO 2

→  $U_j$  = % umidade do lodo de acordo com o tipo de processamento j:

- Teor de umidade do lodo desidratado em leito de secagem = 65%
- Teor de umidade do lodo desidratado em-centrífuga = 70%
- Teor de umidade do lodo após secagem térmica = 20%

→  $DOC_{\text{lodo}}$  = fração de carbono orgânico degradável no lodo

- $DOC_{\text{lodo}}$  = 45% IPCC, 2006.

→  $F_{\text{con}}$  = fator de conversão de massa molecular de C para CH<sub>4</sub>:

- $F_{\text{con}}$  = 133% IPCC, 2006.

→  $F_{\text{met}}$  = fração de CH<sub>4</sub> no biogás:

- $F_{\text{met}}$  = 50% IPCC, 2006.

→  $F_{\text{carb}}$  = fração do carbono degradável total convertido para biogás: (IPCC, 2006)

- $F_{\text{carb}}$  = 0,50

→  $F_{\text{Cy}}$  = fator de correção para pureza do combustível y, %,

Gasolina				
Validade inicial	Validade final	Gasolina	Etanol	Fonte
	02/2006	75%	25%	GHG Protocol, 2013
03/2006	10/2006	80%	20%	GHG Protocol, 2013
11/2006	11/2006	79%	21%	GHG Protocol, 2013
12/2006	06/2007	77%	23%	GHG Protocol, 2013
07/2007	01/2010	75%	25%	GHG Protocol, 2013
02/2010	04/2010	80%	20%	GHG Protocol, 2013
05/2010	09/2011	75%	25%	GHG Protocol, 2013
10/2011	04/2013	80%	20%	GHG Protocol, 2013
05/2013	02/2015	75%	25%	GHG Protocol, 2014
03/2015	03/2015	74%	26%	Resolução CIMA Nº 1 DE 04/03/2015
04/2015		73%	27%	Resolução CIMA Nº 1 DE 04/03/2015

<b>Diesel</b>				
<b>Validade inicial</b>	<b>Validade final</b>	<b>Diesel</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Fonte</b>
	31/12/2007	100%	0%	GHG Protocol, 2013
01/2008	06/2008	98%	2%	GHG Protocol, 2013
07/2008	06/2009	97%	3%	GHG Protocol, 2013
07/2009	12/2009	96%	4%	GHG Protocol, 2013
01/2010	06/2014	95%	5%	GHG Protocol, 2013
07/2014	10/2014	94%	6%	GHG Protocol, 2014
11/2014		93%	7%	GHG Protocol, 2014

### ANEXO 3

→ **TC = Teor de carbono**

- TC = 0,47. (Plantio espécies Mata Atlântica e Cerrado); IPCC, 2006.

→ **Bx = Relação biomassa abaixo/acima do solo**

- Bx = 1,37. (Plantio espécies Mata Atlântica); IPCC, 2006.
- Bx = 1,20. (Plantio espécies Cerrado); IPCC, 2006.

→ **Cx = Crescimento médio vegetal, t dm/ha. 20 anos**

- Cx = 220. (Plantio espécies Mata Atlântica); IPCC, 2006.
- Cx = 140. (Plantio espécies Cerrado); IPCC, 2006.

→ **R = Relação CO<sub>2</sub>/C**

- R = 3,67. (Plantio espécies Mata Atlântica e Cerrado).
- R = 3,67. (Supressão vegetal no Cerrado (ha)).
- R = 3,67. (Supressão vegetal na Mata Atlântica (ha)).