

## EDUCAÇÃO AMBIENTAL - ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTE DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA

Letícia Moreira Dias<sup>1</sup>, Gelson Martins da Rocha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrado Profissional em Metrologia e Qualidade - Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Duque de Caxias, RJ, Bras - [leticia@ambientese.net](mailto:leticia@ambientese.net)

<sup>2</sup> Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Dimci - Diretoria de Metrologia Científica e Industrial - Duque de Caxias, RJ, Brasil [gmrocha@inmetro.gov.br](mailto:gmrocha@inmetro.gov.br)

### RESUMO

Atualmente existe uma crescente preocupação de governos e cidadãos quanto as graves consequências do aumento dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Diversas conferências coordenadas pelas Nações Unidas têm discutido o assunto, entre elas os eventos anuais do IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Estes fóruns são de grande importância, mas também são necessárias ações diretas para mensurar a responsabilidade de cada cidadão na emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Este artigo apresenta um modo fácil e consistente de conscientização individual, no âmbito da educação ambiental, por meio de atividades corriqueiras, como estimativas simples das emissões provenientes do consumo residencial ou individual, que podem ser realizadas usando a metodologia do Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol), para as emissões de CO<sub>2</sub> oriundas das atividades diárias, como o consumo de energia elétrica e do gás de cozinha. O GHG Protocol é uma ferramenta utilizada para entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE que foi originalmente desenvolvida nos Estados Unidos, em 1998, pelo *World Resources Institute* (WRI) e é hoje o método mais usado mundialmente pelas empresas e governos para a realização de inventários de GEE. Este artigo também apresenta o papel da Metrologia nas medições confiáveis, tanto do consumo de energia como na emissão dos gases do efeito estufa.

**Palavras-chave:** metrologia, efeito estufa, dióxido de carbono, aquecimento global, GHG Protocol.

### 1. INTRODUÇÃO

Efeito Estufa (*Greenhouse Effect*) é um fenômeno natural de aquecimento térmico da atmosfera terrestre, devido principalmente à presença de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e vapor de água, sendo indispensável para manter a temperatura do planeta em condições ideais para a sobrevivência dos seres vivos.

No entanto, com o aumento das atividades antropogênicas, intensificadas com

a revolução industrial e, mais recentemente, com o desenvolvimento tecnológico, que resultou em um maior consumismo, na multiplicação de cidades e aglomerados urbanos, bem como no consumo desenfreado de combustíveis fósseis, o efeito estufa está se tornando cada vez mais intenso.

O efeito estufa, quando ocorre naturalmente, é essencial para a manutenção da vida na Terra, pois é ele que mantém o

clima terrestre ameno, sem muitas variações, conforme apresentado na figura 1, que mostra um quadro comparativo dos efeitos associados à concentração de CO<sub>2</sub> nas atmosferas da Terra e de Vênus. Está claro que o aumento da

produção do gás dióxido de carbono implica diretamente em uma maior absorção da radiação solar e, conseqüentemente, no aquecimento global, que pode futuramente comprometer a vida na Terra.

Planeta	VÊNUS	TERRA
Concentração de CO <sub>2</sub> na atmosfera	96 %	0,04 %
Temperatura média prevista	50 °C	-20 °C
Temperatura média medida	500 °C	15 °C

Figura 1. Quadro comparativo dos efeitos da concentração de CO<sub>2</sub> na Terra e no planeta Vênus.

Dentre as emissões de gases provenientes das atividades humanas, o mais comum é o CO<sub>2</sub>, seguido pelos clorofluorocarbonetos (CFCs), Metano (CH<sub>4</sub>), Ozônio (O<sub>3</sub>) e o Óxido de Nitrogênio(N<sub>2</sub>O). O aumento da concentração desses gases têm sido catastrófico para a humanidade devido à potencialização dos eventos climáticos extremos. Enquanto desastres geológicos como terremotos,

vulcões, deslizamentos de terra e avalanches tem ficado mais ou menos constantes, o número de desastres relacionados com o clima, tais como: enchentes, inundações costeiras, tempestade, ondas de calor ou frio, ciclones, secas e incêndios florestais têm aumentado dramaticamente em todas as regiões do planeta, como mostrado na figura 2.



## II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

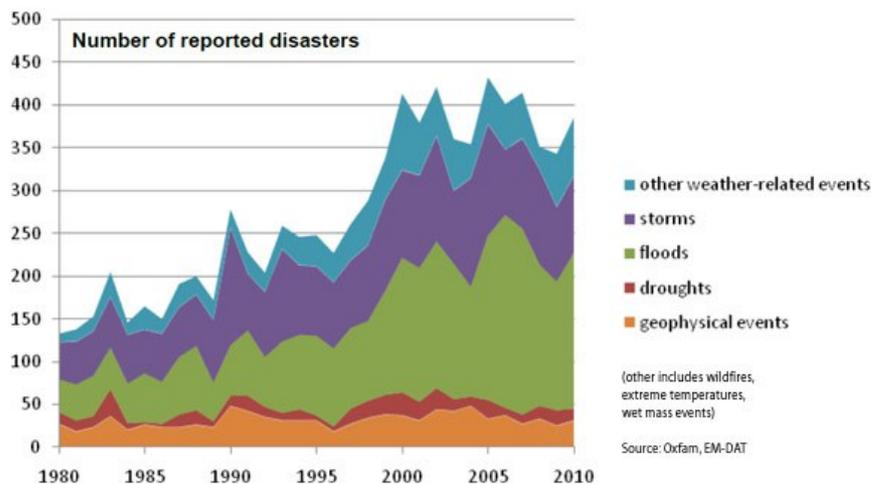


Figura 2. Incidência de desastres ocorridos no planeta nas últimas décadas (fonte: **EMDAT - The International Emergency Disasters Database**).

Diante do quadro atual e das perspectivas sombrias para o futuro do planeta é necessário utilizar cada vez mais tecnologias voltadas para redução da emissão destes gases. Com o intuito de estabelecer um padrão global para a forma de medir, gerenciar e relatar as emissões de gases de efeito estufa o *World Resources Institute* (WRI), dos Estados Unidos da América, em parceria com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD), em 1998 desenvolveu uma ferramenta, nomeada *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), que atualmente é o método mais usado mundialmente pelas empresas e governos para avaliar a evolução e inventariar as emissões de gases do efeito estufa. O *GHG Protocol* é compatível com a norma ISO 14064 e com os métodos de quantificação do

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

## 2. GEE E A METROLOGIA

O aumento da emissão de Gases do Efeito Estufa é proveniente de diversos fatores e está intrinsecamente associado à atividade industrial. Por este motivo alguns países, notadamente os mais desenvolvidos, são relutantes em adotar políticas efetivas de redução da emissão de gases do efeito estufa. Além disso, é muito difícil quantificar em números exatos as emissões de gases do efeito estufa de um país, empresa ou instituição, pois além de envolver muitas variáveis existem diferentes maneiras de medir as emissões. No que tange as medições e resultados seguros, a metrologia, definida como a ciência da medição e suas aplicações, pode desempenhar um importante papel, já que o seu principal objetivo é prover

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)



## II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

confiança às medições. Sistemas atuais de medição e monitoramento cobrem uma ampla gama de sensores de gases de efeito estufa, instrumentos, plataformas de medição, sistemas de monitoramento e inventário, associados com ferramentas analíticas, incluindo bases de dados, modelos e métodos de inferência [FERMAM, 2012]. Desse modo, o controle e monitoramento das emissões dos gases do efeito estufa e as consequências para o meio ambiente necessitam de medições confiáveis, para corroborar e dar a necessária confiança aos programas e políticas ambientais relacionadas à redução da emissão de CO<sub>2</sub>. A exatidão, a qualidade e confiança das medições ambientais são de grande importância para assegurar e melhorar o bem-estar, a saúde e a segurança dos cidadãos.

A diminuição de emissão de gases que provocam o efeito estufa também geram créditos, que podem ser comercializados no mercado financeiro. O crédito de carbono é um certificado eletrônico que é emitido quando há diminuição de emissão de gases que provocam o efeito estufa. Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que deixou de ser emitido para a atmosfera. Aos outros gases reduzidos são emitidos créditos, utilizando-se uma tabela de equivalência entre cada um dos gases e o CO<sub>2</sub>. No contexto de um mercado

de carbono, a quantificação e a verificação de GEE servem de base para apoiar o comércio e o investimento em carbono como uma *commodity* de mercado. No entanto, é imprescindível que esta quantificação seja realizada de acordo com os princípios internacionais da metrologia, de forma que os resultados possam ser mutuamente aceitos pelos países e empresas, garantindo o desenvolvimento sustentável a partir de uma melhor proteção ambiental, assim como transações comerciais mais justas na venda de permissões de emissões e do bem-estar social [FERMAM, 2012].

### 3. PEGADA DE CARBONO

Pegada de Carbono é o termo usado na medição da quantidade total das emissões de gases do efeito estufa causadas, tanto na forma direta quanto indireta, por uma pessoa, organização, evento ou produto. A Pegada de Carbono procura expressar em termos de carbono equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>eq), o total de emissões de CO<sub>2</sub> e de quaisquer outros gases do efeito estufa (GEE), medidos para um sistema definido ou atividade.

Como explicitado por AMORIM (2013), a estimativa da Pegada de carbono de um produto, indivíduo ou serviço pressupõe a existência de uma metodologia de cálculo. A metodologia a ser utilizada depende do

**[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

produto e da variabilidade regional, uma vez que os fatores de emissão dependem dos meios de geração de energia e particularidades de cada país. Existem diversas metodologias para o cálculo da pegada de carbono, entre elas a *Greenhouse Gas Protocol Initiative*, conhecida como metodologia “GHG Protocol”, que foi criada com o propósito de auxiliar as empresas a diminuir a sua influência nas alterações climáticas.

A metodologia *GHG Protocol* classifica as emissões como sendo diretas ou indiretas. As emissões diretas de GEE são provenientes de fontes controladas. As indiretas são uma consequência das atividades que acontecem em fontes não controladas pelo usuário. Para melhor caracterizar as emissões elas são divididas em três escopos distintos:

Escopo 1: Emissões diretas de GEE – São as emissões provenientes de fontes controladas por uma empresa ou usuário do serviço, como por exemplo emissões de combustão, veículos ou emissões na produção de químicos.

Escopo 2: Emissões indiretas de GEE de eletricidade – Nesta seção são contabilizadas as emissões de gases de efeito estufa provenientes da geração de eletricidade adquirida e consumida pela empresa ou indivíduo.

Escopo 3: Outras emissões indiretas de GEE – Neste âmbito são contabilizadas todas as outras emissões indiretas. Estas emissões são uma consequência das atividades da empresa ou indivíduos, mas acontecem em fontes que não pertencem ou não são controladas pelas mesmas. Podem ser considerados exemplos destas atividades a produção de materiais comprados, transporte de combustíveis comprados e o uso de produtos e serviços vendidos [AMORIM, 2013].

#### **4. PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL**

Este programa foi implantado no Brasil, em 2008, por meio de uma parceria entre o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces), com o World Resources Institute (WRI), Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o World Business Council for Sustainable Development (WBSCD). O *Programa Brasileiro GHG Control*, uma adaptação da metodologia internacional ao contexto brasileiro, tem como objetivo promover no Brasil uma cultura permanente para a elaboração e publicação de inventários corporativos de GEE.

Apesar dos grupos de trabalho, oficinas para elaboração dos inventários de GEE e suporte técnico serem oferecidos apenas para as empresas participantes do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, o método e suas atualizações estão disponíveis nas publicações e no website do programa, para uso de qualquer organização ou indivíduo que tenha interesse.

Dentre as características dessa ferramenta destacam-se o fato dela oferecer uma estrutura para contabilização de GEE, seu caráter modular e flexível, a neutralidade em termos de políticas ou programas e ainda o fato de ser baseada em um amplo processo de consulta pública. A sua flexibilidade e a disponibilidade para qualquer interessado permite aplicar a metodologia para estimar a emissão de CO<sub>2</sub>, por exemplo, ao consumo de energia elétrica em uma residência. Além da importância para a educação ambiental, por definição *todo o processo empregado para preservar o patrimônio ambiental e criar modelos de desenvolvimento, com soluções limpas e sustentáveis*; essa informação é essencial para qualquer cidadão conhecer as consequências do uso excessivo das fontes de energia, incluindo a energia elétrica usada diariamente no funcionamento de diversos eletrodomésticos e eletroeletrônicos. O ar condicionado, o refrigerador, a lavadora, a

secadora, a televisão, a iluminação, a ventilação e a preparação de alimentos são os principais fatores de consumo direto de energia residencial e, conseqüentemente, de emissões de carbono.

## **5. ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GEE PROVENIENTES DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA**

Como consumidor de energia todo cidadão contribui para o aumento da emissão CO<sub>2</sub> na atmosfera. Conhecer o valor dessas emissões pode resultar em atitudes sustentáveis no dia-a-dia, como o uso moderado da água e da energia elétrica, dois itens fundamentais na geração de energia no Brasil, já que a maior fonte de produção de energia elétrica em nosso país são as usinas hidrelétricas, que geram cerca de 75 % da energia elétrica consumida.

Uma estimativa do papel do consumidor individual de energia elétrica na emissão de CO<sub>2</sub> pode não parecer relevante, mas quando consideramos que atualmente a população do planeta já é maior que 7 bilhões de pessoas, sendo que a estimativa para o ano de 2050 é que a Terra atinja 10 bilhões de habitantes, podemos chegar a valores desastrosos para o aquecimento global.

### **5.1. Estimando a emissão residencial de CO<sub>2</sub>**

Diante das previsões do aumento populacional e as consequências para o meio-ambiente é necessário ações de

conscientização do consumidor, inclusive no âmbito da Educação Ambiental, quanto à emissão de CO<sub>2</sub> advinda do consumo inconsequente de energia. Para tanto, no caso das emissões residenciais ou individuais,

estamos realizando, mesmo que de forma simplificada, uma estimativa das emissões, com o uso da metodologia *GHG Protocol*, escopos 1 e 2, conforme mostrado na figura 3.

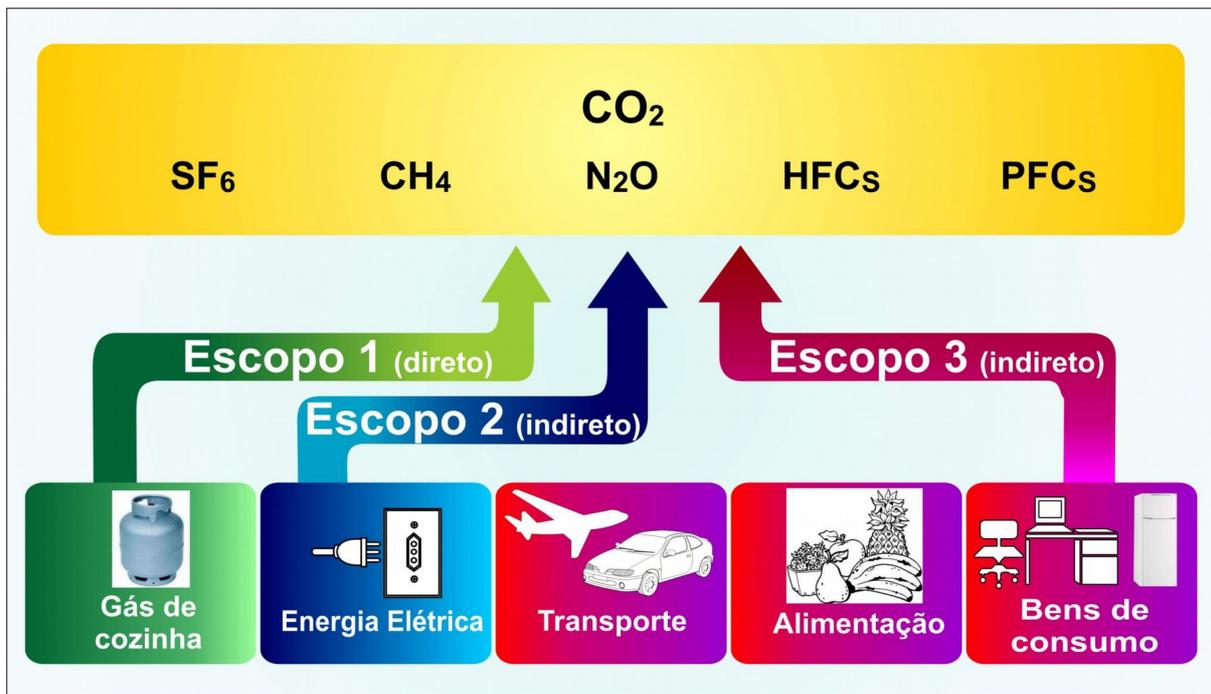


Figura 3. Escopos da metodologia “GHG Protocol” para emissões individuais.

Como a ideia é estimar a emissão de CO<sub>2</sub> das fontes de energia usadas no dia-a-dia, estaremos contabilizando somente as emissões provenientes do consumo de gás de cozinha e do consumo de energia elétrica.

Segundo o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), os fatores de emissão médios de CO<sub>2</sub> para energia elétrica a serem utilizados em inventários têm como objetivo estimar a quantidade de CO<sub>2</sub> associada a uma geração de energia elétrica

determinada. Ele calcula a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem. Se todos os consumidores de energia elétrica do Sistema interligado Nacional (SIN), responsável pela produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, calculassem as suas emissões multiplicando a energia consumida por esse fator de emissão, o somatório corresponderia às emissões do SIN. Nesse sentido, ele deve ser usado quando o objetivo

for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento. Ele serve, portanto, para inventários em geral, corporativos ou de outra natureza [MCTI, 2015].

A tabela 1 mostra os cálculos realizados na estimativa da emissão individual ou residencial. Para o cálculo da emissão anual de CO<sub>2</sub> equivalente ao seu consumo de energia, utiliza-se o Dado da Atividade (DA), que em nossos cálculos corresponde ao consumo anual

de energia elétrica ou gás de cozinha, multiplicado pelo Fator de Emissão (FE):

$$ECO_{2eq} = DA \times FE \quad (1)$$

$$ECO_{2eq} = DA \text{ (kWh)} \times FE \text{ (tCO}_{2eq}\text{/MWh)} \quad (2)$$

$$ECO_{2eq} = ((DA \times FE) / 1000) \text{ tCO}_{2eq} \quad (3)$$

O Fator de Emissão (FE) está disponível na página do MCTI. Segundo o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, para o ano de 2015, o **Fator de Emissão** Médio Anual (tCO<sub>2</sub>/MWh) foi de 0,1244.

**Tabela 1- Planilha com os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub>**

Escopo	Atividade	Quantidade por Ano (DA)	Fator de Emissão (FE)	Total = DA x FE
1	Gás de cozinha	300 m <sup>3</sup>	0,048 tCO <sub>2eq</sub> /m <sup>3</sup>	14,4 tCO <sub>2eq</sub>
2	Energia elétrica	4800 kWh	0,1244 tCO <sub>2eq</sub> /MWh	447,84 tCO <sub>2eq</sub>
3	Transporte, Alimentação, Bens de Consumo.	NA	tCO <sub>2eq</sub> /km tCO <sub>2eq</sub> /item tCO <sub>2eq</sub> /item	NC
<b>Total</b>				<b>462,24 tCO<sub>2eq</sub></b>

O dado da atividade é referente ao consumo de energia elétrica, fonte desta emissão. É medido em consumo kWh. O fator de emissão FE, tanto para o gás de cozinha como para a energia elétrica pode ser obtido de diversas fontes. No presente caso foram obtidos do MCTI [SANQUETTA, 2010].

## 6. CONCLUSÃO

A noção de Sustentabilidade está relacionada à capacidade de conciliar o desenvolvimento ao longo prazo da nossa sociedade com os limites finitos do planeta. O aquecimento global é uma ameaça real à vida na Terra, portanto, é imprescindível que todo cidadão tenha consciência das graves consequências do uso demorado das fontes de energia.



## II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

O conhecimento da Pegada de Carbono residencial ou individual deve ser estimulado e já existem diversos aplicativos para este fim. Além de reforçar os conceitos disseminados no âmbito da educação ambiental, a consciência da contribuição de cada ente para o aquecimento global, por menor que seja, pode despertar nos indivíduos um maior cuidado com a prática de atividades que possam causar impacto ambiental, entre elas, a poluição do ar, dos rios, a degradação do solo, o desmatamento e a produção de energia com o uso de fontes não renováveis.

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Diogo António Loureiro Alves. “Pegada de Carbono de uma Empresa Produtora de Eletricidade de Fontes Renováveis”. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Julho de 2013

EMDAT - The International Emergency Disasters Database. Disponível em [www.emdat.be](http://www.emdat.be). Acessado em 12 de maio de 2016).

FERMAM, Ricardo Kropf Santos. “ O papel da metrologia no desenvolvimento sustentável: o caso das emissões de Gases de Efeito Estufa

- Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais v.3 - n.2, 2012.

SANQUETTA Carlos, Alexis Bastos, Fabiana B. Gomes, Alessandra da Silva Martins, Frederico Bastos, Giuliano Less. “ Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Centro de Estudos Rioterra”. Disponível em: [http://rioterra.org.br/pt/wp-content/uploads/2011/07/Inventario de Emissoes de CO2 Rioterra.pdf](http://rioterra.org.br/pt/wp-content/uploads/2011/07/Inventario_de_Emissoes_de_CO2_Rioterra.pdf) - Acessado em: 4 de julho de 2016

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>