

# METODOLOGIA INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE

## 1. INVENTÁRIO DE EMISSÕES NA PETROBRAS

Como base para o acompanhamento de nosso desempenho em emissões, contamos, desde 2002, com um software proprietário para a gestão de nosso inventário de emissões, o Sistema de Gestão de Emissões Atmosféricas (SIGEA<sup>1</sup>). Este sistema informatizado consolida nosso inventário por meio do processamento mensal de informações de cerca de 7 mil fontes. No SIGEA, são calculadas as emissões dos GEE: 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>) e hidrofluorcarbonetos (HFCs), além das emissões de poluentes atmosféricos: NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, MP, HCNM e HCT.

Nosso inventário de emissões é elaborado segundo as especificações técnicas do Programa Brasileiro GHG Protocol, em alinhamento com orientações do padrão “*A Corporate Accounting and Reporting Standard*” do Greenhouse Gas Protocol, desenvolvido pelo World Resources Institute (WRI) e pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), e com as diretrizes específicas publicadas pela IPIECA no Petroleum Industry Guidelines for Reporting Greenhouse Gas Emissions.

A abrangência de nosso inventário inclui todas as atividades sob o nosso controle operacional, no Brasil e no exterior. Assim, incluímos todos os ativos onde temos implantadas nossas políticas e diretrizes nas operações. Os limites organizacionais abrangem, portanto, as emissões das empresas Petrobras, Transpetro, TBG (Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S.A.), Petrobras Biocombustível, Petrobras Bolívia e Petrobras Colômbia.

Em nosso inventário, adotamos a metodologia detalhada, ou seja, fonte a fonte, conhecida como “*bottom-up*”. Desta forma, o resultado total é composto pela soma das emissões de cada fonte emissora. Os cálculos das emissões se baseiam em referências internacionais, como o American Petroleum Institute Compendium, o Compilation of Air Pollutant Emission Factors da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US-EPA AP-42) e as ferramentas de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol.

## 2. FONTES DE EMISSÕES E METODOLOGIAS ADOTADAS

Conforme mencionado anteriormente utilizamos referências internacionais para o cálculo das emissões de gases de efeito estufa. A Tabela 1 abaixo apresenta as metodologias para cada tipologia de fonte:

---

<sup>1</sup> O SIGEA é um software proprietário da Petrobras, registrado no INPI como programa de computador, nos termos da Lei nº 9.609/1998.

Tabela 1 – Fonte de emissão e metodologias

CATEGORIA	FONTE	METODOLOGIA
<b>Emissões de CO2</b>		
C.1 - Fontes móveis	Aeronaves	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Embarcações	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Eq Construção	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Empilhadeira	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Veículos	Cálculo de engenharia com base nas propriedades dos combustíveis e autonomia do veículo
C.2 - Fontes estacionárias	Turbina	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Motor	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Forno	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
	Caldeira	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup>
C.3 - Flare	Flaring	Cálculo estequiométrico <sup>1</sup> e eficiência de combustão
<b>Emissões de CH4</b>		
C.4 – Fugitivas total	Fugitivas	<p>Level 3 - Air Permit Technical Guidance for Chemical Sources: Equipment Leak Fugitives, TCEQ</p> <p>Level 4- Quantificação qOGI/High flow (Apenas para as unidades P-67, P-68, P-69, P-70, P-74, P-75, P-76, P-77, PMXL, Cid. Mangaratiba, Cid. Maricá, Cid. De Saquarema, Carioca, Cid. Itaguaí, Pioneiro de Libra, Guanabara, P-43, P-48, P-51, P-52, P-55, P-56, P-57, P-58, Cid. Campos de Goytacazes, Anita Garibaldi, Anna Nery, Cid. Macaé)</p>
C.6 – Ventiladas em processo	Tanque óleo	<p>Level 3 - API. Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry. Capítulo 5.4. página 249. Agosto, 2009.</p> <p>Level 4 – Simulação de processo (Apenas para as unidades P-66, P-67, P-68, P-69, P-70, P-71, P-74, P-75, P-76, P-77, P-57, P-58, P-62, Anita Garibaldi, Anna Nery)</p>
	Desidratador a glicol	<p>Level 3 – API Compendium</p> <p>Level 4 - Simulação de processo (Apenas para as unidades P-58, P-62)</p>
	Selo compressor	Level 4 - Simulação de processo (Apenas para as unidades P-66, P-67, P-68, P-69, P-70, P-71, P-74, P-75, P-76, P-77, P-57, P-58, P-62)
	Settling Tank	

<b>CATEGORIA</b>	<b>FONTE</b>	<b>METODOLOGIA</b>
		Level 4 - Simulação de processo (Apenas para as unidades P-58, P-62, Anita Garibaldi, Anna Nery)
	Slop Tank	Level 4 - Simulação de processo (Apenas para as unidades P-74, P-75, P-76, P-77)
	Amina	Level 3 – Balanço de massa  Level 4 - Simulação de processo ou medidor de vazão (Apenas para as unidades P-58, Anita Garibaldi, Anna Nery)
	Turbina	L3 - Fator de emissão. Referência AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 3: Stationary Internal Combustion Sources, Section 3.1: Stationary Gas Turbines, Tabela 3.1-2 <sup>a</sup>  L4 – Amostragem direta dos gases exaustos (Apenas para Arara Azul)
	Motor	L3 - Fator de emissão. API Compendium 2021, Tabela 4-11; AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 3: Stationary Internal Combustion Sources, Section 3.2: Natural Gas-fired Reciprocating Engines, Tabela 3.2-3  L4 – Amostragem direta dos gases exaustos (Apenas para Arara Azul)
	Forno	L3 - Fator de emissão. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1; External Combustion Sources, Section 1.4; Natural Gas Combustion, Tabela 1.4-2 Emission Factors For Criteria Pollutants and Greenhouse Gases from Natural Gas Combustion  L4 – Amostragem direta dos gases exaustos (Apenas para Arara Azul)
	Caldeira	L3 - Fator de emissão. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1; External Combustion Sources, Section 1.4; Natural Gas Combustion, Tabela 1.4-2 Emission Factors For Criteria Pollutants and Greenhouse Gases from Natural Gas Combustion  L4 – Amostragem direta dos gases exaustos

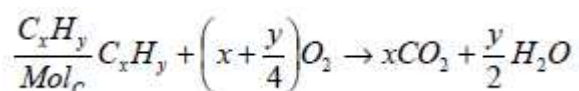
<b>CATEGORIA</b>	<b>FONTE</b>	<b>METODOLOGIA</b>
C.7 – Ventiladas não-rotineiras	Pigging	L4 - Cálculo de engenharia
	Gás de purga TG/TC	L4 – Simulação de processo (Apenas para as unidades P-66, P-67, P-68, P-69, P-70, P-71, P-74, P-75, P-76, P-77, P-57, P-58, P-62, Anita Garibaldi, Anna Nery)
C.8 – Ventiladas no flaring	Flaring	L3 - Cálculo estequiométrico <sup>1</sup> e eficiência de combustão padrão 98% (API Compendium)  L4 - Cálculo estequiométrico <sup>1</sup> e eficiência de combustão específica obtida através de monitoramento direto ou simulação de processo. Utilizado valor padrão API caso eficiência calculada maior que 98%
<b>Emissões de N2O</b>		
C.9 – Emissões de N2O	Turbina	Fator de emissão. Referência AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 3: Stationary Internal Combustion Sources, Section 3.1: Stationary Gas Turbines, Tabela 3.1-2 <sup>a</sup>
	Motor	Fator de emissão. API Compendium 2021, Tabela 4-6; API Compendium 2021, Tabela 4-6
	Forno	Fator de emissão. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1; External Combustion Sources, Section 1.4; Natural Gas Combustion, Tabela 1.4-2 Emission Factors For Criteria Pollutants and Greenhouse Gases from Natural Gas Combustion
	Caldeira	Fator de emissão. AP 42, Fifth Edition, Volume I. Chapter 1; External Combustion Sources, Section 1.4; Natural Gas Combustion, Tabela 1.4-2 Emission Factors For Criteria Pollutants and Greenhouse Gases from Natural Gas Combustion
	Flaring	Fator de emissão. OGP - Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations - Report No 2.59/197 - September, 1994 – Tabela 4.6

CATEGORIA	FONTE	METODOLOGIA
	Eq Construção	Fator de emissão. API Compendium - Seção 4.6 pág 4-48 (184)
	Empilhadeira	Fator de emissão. API Compendium - Seção 4.6 pág 4-48 (184)

#### Nota 1 – Cálculo Estequiométrico de CO<sub>2</sub>

Para fins de inventário, a estimativa das emissões de CO<sub>2</sub> por fontes de combustão é feita a partir de cálculo estequiométrico, levando em conta a reação de combustão para o combustível considerado.

A seguir, será feita uma breve descrição da reação genérica de combustão de hidrocarbonetos, assumindo-se sua oxidação completa. A reação pode ser representada pela seguinte equação simplificada:



Onde x e y representam, respectivamente, o número de átomos de carbono e de hidrogênio na molécula do hidrocarboneto genérico (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) contido no combustível a ser queimado.

Da equação anterior, nota-se que para cada mol de carbono presente no combustível (hidrocarboneto) é gerado um mol de CO<sub>2</sub>. Assumindo-se um hidrocarboneto com um átomo de carbono, ou seja, x = 1, temos que para cada 12,01115 gramas de carbono, são gerados, após a combustão, 44,00995 gramas de CO<sub>2</sub>. Assim, a relação entre a massa de carbono presente no combustível e a massa de CO<sub>2</sub> formada na combustão, é de:

$$\frac{Mol_{CO_2}}{Mol_C} = \frac{44,00995}{12,01115} \approx 3,6641 gCO_2 / gC_{combustível}$$

Esta relação é válida para hidrocarbonetos de qualquer número de átomos de carbono em suas moléculas, e mesmo para compostos orgânicos que contenham outros átomos além de C e H, uma vez que a relação entre o carbono presente e o CO<sub>2</sub> formado independe de outros elementos químicos que façam parte da molécula do composto.

Desta forma, a partir da citada relação, é possível determinar a massa de CO<sub>2</sub> formado a partir da combustão de um dado combustível, uma vez que se saiba a massa de carbono presente neste combustível, ainda que o mesmo seja constituído de diversos compostos e não se tenha a porcentagem mássica de cada componente.

Com a porcentagem mássica de C (carbono) no combustível, é possível determinar a quantidade de CO<sub>2</sub> que será gerada pela combustão e considerar também a eficiência de queima, se necessário.

A estimativa de emissão de CO<sub>2</sub> a partir da combustão segue a equação:

$$E_{CO_2} = \left[ \frac{\%C}{100} * Q * \frac{Mol_{CO_2}}{Mol_C} \right] * \varepsilon$$

Onde:

E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = Emissão de CO<sub>2</sub> (kg/mês);

%C = Porcentagem mássica de carbono presente no combustível;

Q = Vazão mássica de combustível (kg/mês);

MolCO<sub>2</sub> = Massa molecular do dióxido de carbono (44,0095 kg/kmol);

MolC = Massa atômica do carbono (12,01115 kg/kmol);

ε = Eficiência de queima (para queima completa, é assumida como 1. Exceção tocha/flaring);