

CARTILHA

# DO POÇO À RODA

## *VEÍCULOS LEVES*

1ª EDIÇÃO 2022

**ABEA**

Associação Brasileira  
de Engenharia Automotiva

# ÍNDICE

<b>Introdução</b> .....	<b>03</b>
<b>Instruções</b> .....	<b>05</b>
<b>Cálculo “Passo a Passo”</b> .....	<b>06</b>
<i>Veículos Mono Combustível (combustão ou híbrido) ou Elétrico</i> .....	<i>07</i>
<i>Veículos Flex (combustão ou híbrido)</i> .....	<i>08</i>
<b>Anexos</b> .....	<b>10</b>
<i>Anexo 01</i> .....	<i>10</i>
<i>Anexo 02</i> .....	<i>10</i>
<i>Anexo 03</i> .....	<i>10</i>



# INTRODUÇÃO

A indústria automobilística mundial encontra-se em um dos momentos mais importantes de transformação tecnológica, resumida – em princípio – ao divisor de águas entre motores à combustão interna e elétricos. A AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva por meio desta cartilha traz ao setor e ao mercado brasileiro uma contribuição técnica inestimável, como sempre o fez nesses 38 anos de existência da entidade que reúne empresas do segmento, Governo, universidades, em trabalhos conjuntos com as demais entidades da cadeia.

O cálculo “Do poço à roda” leva em consideração a matriz energética brasileira que tem o privilégio de contar com cerca de 80% de energias renováveis (hidráulica, biomassa, eólica e solar) de sua matriz energética para mover a mobilidade e a produção, enquanto o restante do mundo, em média, desfruta-se de apenas 27% de renováveis ante 73% de energias não renováveis (gás natural, derivados de petróleo de carvão e nuclear).



# INTRODUÇÃO

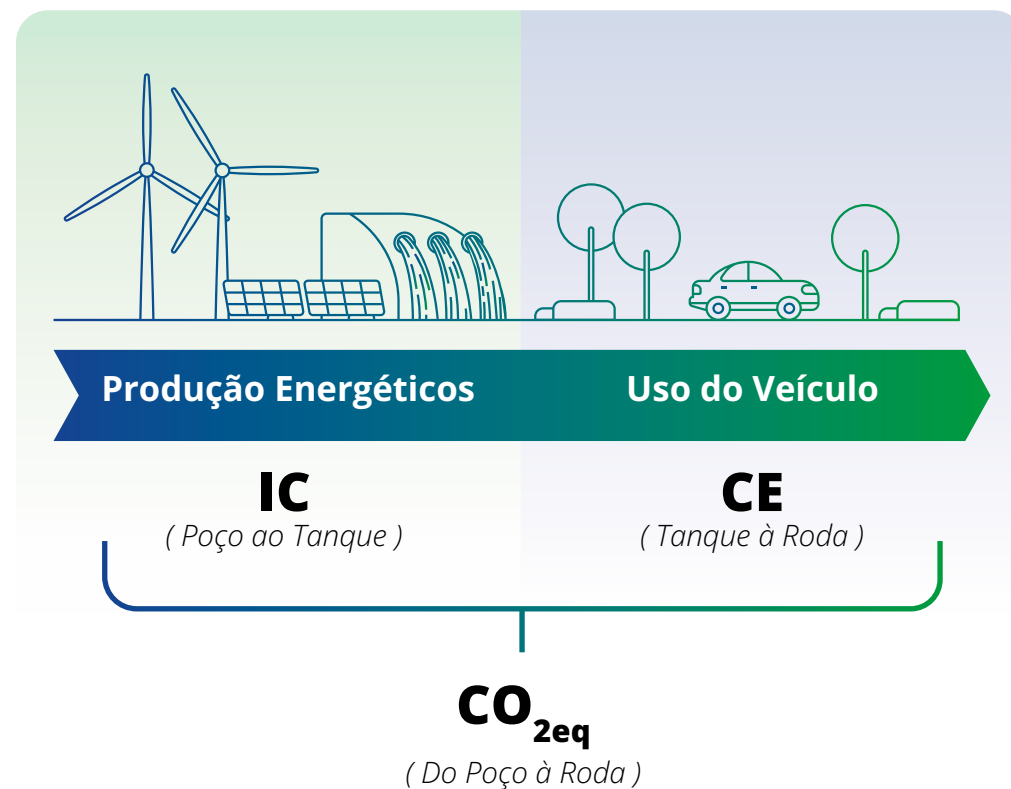
O conceito “Do poço à roda” tem sido amplamente discutido e será implementado no Rota 2030 fase 2 em 2027 para veículos leves. É um conceito mais amplo onde se avalia o impacto do setor de transporte de veículos leves nas emissões de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>).

Neste conceito se consideram as emissões de CO<sub>2</sub> na produção dos energéticos e do uso do veículo, que iremos denominar nesta cartilha como CO<sub>2eq</sub>.

A AEA realizou dois importantes estudos para suportar o cálculo deste impacto: a metodologia de cálculo e a intensidade de carbono dos energéticos no Brasil em vários anos.

Nesta cartilha será mostrado um passo a passo de como calcular as emissões de CO<sub>2</sub> “Do poço à roda” (CO<sub>2eq</sub>) baseado em dados públicos<sup>1</sup>, de forma que toda a sociedade possa entender e calcular este impacto ambiental, além de compartilhar os conceitos.

<sup>1</sup> Veículos “híbridos plug-in” não são cobertos por esta cartilha pois com os dados públicos não é possível o cálculo das emissões “Do poço a roda”.





# INSTRUÇÕES

Para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> “Do poço à roda” serão necessárias as seguintes informações:

- 1** O consumo energético (no caso de mono combustível ou elétrico) ou da autonomia (no caso dos veículos flex). Esses dados podem ser consultados no site do INMETRO no Programa PBEV<sup>2</sup>;
- 2** A intensidade de carbono dos energéticos conforme estudo realizado pela AEA coordenado pela EPE (vide anexo 1). A intensidade varia ao longo dos anos baseado nas projeções dos dados de produção dos energéticos. Escolha o ano em que deseja calcular as emissões;
- 3** A densidade energética dos combustíveis conforme NBR 7094 (vide anexo 2);
- 4** No caso de veículos flex, o fator de uso do etanol conforme estudo realizado pela AEA coordenado pela EPE (vide anexo 3). O fator de uso varia ao longo dos anos baseado na projeção de consumo de etanol hidratado.

<sup>2</sup> <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>

# CÁLCULO “PASSO A PASSO”

- I. Definir o veículo que se deseja calcular as emissões de CO<sub>2</sub> “Do poço à roda” (CO<sub>2eq</sub>).
- II. Pesquisar no site do INMETRO no Programa PBEV<sup>3</sup>: o consumo energético (no caso de mono combustível ou elétrico) ou da autonomia (no caso dos veículos flex).

The screenshot shows the INMETRO PBEV website interface. Two tables are highlighted with boxes to illustrate the data structure for different vehicle types.

**Flex Vehicle Data Table:**

Quilometragem por Litro				Consumo Energético (MJ/km)
Etanol		Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)		
Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	
-	-	-	-	

**Mono Combustível ou Elétrico Vehicle Data Table:**

Quilometragem por Litro				Consumo Energético (MJ/km)
Etanol		Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)		
Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	
-	-	-	-	

Legend:

- FLEX
- MONO COMBUSTÍVEL OU ELÉTRICO

<sup>3</sup> <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>

# CÁLCULO “PASSO A PASSO”

III. Calcular as emissões “do poço a roda”.

Veículos Mono Combustível (combustão ou híbrido) ou Elétrico

As emissões do poço a roda para os veículos mono combustível ou elétrico é o produto da multiplicação do consumo energético pela intensidade de carbono do combustível:

$$CO_{2eq} = \text{Consumo Energético} \times \text{Intensidade de Carbono}$$

INMETRO
ANEXO 1

## EXEMPLOS (fonte: PBEV 2022 / Anexo 1 - 2020)

- i. Veículo a gasolina (veículo pequeno de luxo)

$$CO_{2eq} = 2,29 \text{ MJ/km} * 77,52 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 178 \text{ gCO}_{2eq}/\text{km}$$

- ii. Veículo a diesel (caminhonete)

$$CO_{2eq} = 2,54 \text{ MJ/km} * 82,40 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 209 \text{ gCO}_{2eq}/\text{km}$$

- iii. Veículo elétrico (veículo pequeno)

$$CO_{2eq} = 0,46 \text{ MJ/km} * 31,77 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 15 \text{ gCO}_{2eq}/\text{km}$$





# CÁLCULO “PASSO A PASSO”

As emissões do poço a roda para os veículos flex é um pouco mais complexa de se calcular pois no site do INMETRO não está disponível o Consumo Energético de cada combustível. Primeiramente será calculado o Consumo Energético com etanol ( $CE_{E100}$ ) e com gasolina ( $CE_{E22}$ ) baseado nos dados de autonomia de cada combustível em km/L do INMETRO:

$$\begin{aligned}
 CE_{E100} &= \left[ 20,09 / \left( \frac{(\text{Autonomia estrada [km/l]} * 1,3466)}{(1-(\text{Autonomia estrada [km/l]} * 0,0032389))} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 20,09 / \left( \frac{(\text{Autonomia cidade [km/l]} * 1,18053)}{(1-(\text{Autonomia cidade [km/l]} * 0,0076712))} \right) \right] \times 0,55 \\
 &\quad \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \\
 &\quad \text{Densidade energética dos combustíveis} \qquad \qquad \text{(a)} \qquad \qquad \qquad \text{(a)} \\
 &\quad \text{(MJ/L) conforme NBR 7024 (Anexo2)} \\
 CE_{E22} &= \left[ 28,99 / \left( \frac{(\text{Autonomia estrada [km/l]} * 1,3466)}{(1-(\text{Autonomia estrada [km/l]} * 0,0032389))} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 28,99 / \left( \frac{(\text{Autonomia cidade [km/l]} * 1,18053)}{(1-(\text{Autonomia cidade [km/l]} * 0,0076712))} \right) \right] \times 0,55 \\
 &\quad \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow
 \end{aligned}$$

(a) Dados INMETRO, \* Conversão da autonomia ajustada conforme Portaria INMETRO 377/2011.

# CÁLCULO “PASSO A PASSO”

Depois se calcula as emissões do poço a roda, multiplicando o consumo energético de cada combustível pela sua intensidade de carbono (conforme Anexo 1) e pelo fator de uso (conforme anexo 3):

$$CO_{2eq} = CE_{E100} \times IC_{E100} \times FU + CE_{E22} \times IC_{E22} \times (1 - FU)$$

ANEXO 1     ANEXO 3

## EXEMPLOS (fonte: PBEV 2022 / Anexo 1 & 3 - 2020)

i. Veículo flex a combustão (veículo grande)

$$CE_{E100} = \left[ 20,09 / \left( \frac{9,8 * 1,3466}{1 - (9,8 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 20,09 / \left( \frac{8,3 * 1,18053}{1 - (8,3 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,72$$

$$CE_{E22} = \left[ 28,99 / \left( \frac{14,2 * 1,3466}{1 - (14,2 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 28,99 / \left( \frac{11,9 * 1,18053}{1 - (11,9 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,68$$

$$CO_{2eq} = 1,72 \times 28,52 \times 0,28 + 1,68 \times 77,52 \times (1-0,28) = 108 \text{ gCO}_{2eq}/\text{km}$$

ii. Veículo híbrido flex (grande)

$$CE_{E100} = \left[ 20,09 / \left( \frac{10,5 * 1,3466}{1 - (10,5 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 20,09 / \left( \frac{11,8 * 1,18053}{1 - (11,8 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,34$$

$$CE_{E22} = \left[ 28,99 / \left( \frac{15,4 * 1,3466}{1 - (15,4 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[ 28,99 / \left( \frac{17,9 * 1,18053}{1 - (17,9 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,25$$

$$CO_{2eq} = 1,34 \times 28,52 \times 0,28 + 1,25 \times 77,52 \times (1-0,28) = 80 \text{ gCO}_{2eq}/\text{km}$$

# ANEXOS

ANEXO 1	Intensidades de Carbono dos Energéticos (CO <sub>2</sub> /MJ)			
	2019	2020	2027	2032
Etanol hidratado (E100)	28,45	28,52	24,63	21,61
Eletricidade	34,22	31,77	22,58	26,62
Gasolina (E22)	77,54	77,52	76,9	76,44
Diesel B7	82,41	82,40	82,37	82,21

ANEXO 2	Densidade Energética dos Combustíveis Conforme NBR 7094	MJ/L
	Gasolina E22	28,99
Etanol Hidratado (E100)	20,09	
Diesel	35,65	

ANEXO 3	Fatores de uso de etanol por energia (FU) <sup>4</sup>			
	2019	2020	2027	2032
	30%	28%	38%	38%



<sup>4</sup> Cálculo realizado a partir das demandas de energéticos (energia) ao longo dos anos. Demanda de Etanol sobre a Demanda Total de Combustíveis do Ciclo Otto.



Esta cartilha foi elaborada pela AEA baseado nos trabalhos realizados pela Comissão de Eficiência Energética e o Grupo de trabalho de Intensidade de Carbono.





Associação Brasileira  
de Engenharia Automotiva