

## **Carbonômetro: Contador do CO<sub>2</sub> não emitido pelo passageiro do transporte por ônibus do RJ.**

Vinicius Thees Sampaio<sup>1</sup>; Christiane Rosas Chafim Aguiar<sup>2</sup>; Guilherme Wilson da Conceição<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Semove, Rua da Assembléia, nº 10 – 39º andar – Centro – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 20.011-901, (21) 3221-6300, e-mail: [vinicius.sampaio@semove.org.br](mailto:vinicius.sampaio@semove.org.br);

<sup>2</sup>Semove, Rua da Assembléia, nº 10 – 39º andar – Centro – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 20.011-901 (21) 3221-6300, e-mail: [christiane.chafim@semove.org.br](mailto:christiane.chafim@semove.org.br);

<sup>3</sup>Semove, Rua da Assembléia, nº 10 – 39º andar – Centro – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 20.011-901 (21) 3221-6300, e-mail: [guilherme.wilson@semove.org.br](mailto:guilherme.wilson@semove.org.br).

### RESENHA

Em face da emergência climática global provocada pela emissão dos gases do efeito estufa (GEE), os mais diversos setores da economia dos países desenvolvidos iniciaram um processo de registro dos índices de emissões dos gases poluentes, com o principal objetivo de conter as mudanças climáticas a partir de mecanismos aplicáveis. A crescente necessidade da mobilidade urbana em apresentar um sistema de transporte mais sustentável induz a possibilidade de compensação ambiental e geração de créditos de carbono a partir do estímulo e priorização do transporte público.

O conceito de CO<sub>2</sub> evitado, também chamado de equivalência de sustentabilidade, atualmente figura na contribuição pela neutralidade das emissões e tramita nas pautas governamentais sobre o meio ambiente. Este trabalho visa demonstrar os critérios técnicos adotados para a elaboração do memorial de cálculo de um contador automatizado do total de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) evitado pelo passageiro do sistema de transporte por ônibus do estado do Rio de Janeiro, ao utilizar este modo de transporte público em comparativo ao transporte individual, representado pelo uso do automóvel. A este contador, deu-se o nome de Carbonômetro.

Como resultado foi possível inferir comparativos entre a emissão do CO<sub>2</sub> evitado e sua equivalência aos hectares de áreas verdes dotadas de 'Mata Atlântica', assim como sua equivalência ao total de emissões anuais de CO<sub>2</sub> de algumas cidades do Rio de Janeiro e de Minas Gerais.

**PALAVRAS-CHAVES:** Mudança Climática, CO<sub>2</sub>, Transporte Sustentável, Carbonômetro

### INTRODUÇÃO

O sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), reforçou o alerta sobre os impactos irreversíveis, nos quais a saúde, a vida e os meios de subsistência das pessoas, bem como a propriedade e a infraestrutura crítica, incluindo sistemas de energia e de transporte, estão sendo cada vez mais impactados pelas ondas de calor, tempestades, secas, inundações, elevação do nível do mar e demais adversidades provocadas pelas mudanças climáticas. A ONU (Organização das Nações Unidas), através da COP (sigla em inglês de Conference of the Parties – Conferência entre as Partes), busca periodicamente um acordo global para estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera terrestre. Em seu relatório intitulado 'Mitigation of Climate Change 2022' a organização alertou que na última década as emissões de carbono

foram as mais altas da história do planeta, sinalizando que as recentes políticas energéticas não foram satisfatórias para reduzir os impactos do aquecimento global. Evidenciando para todos os países do mundo de que as ações para redução dos níveis de emissões necessitam ser intensificadas em caráter de urgência.

O setor de transportes é responsável por aproximadamente 32,5% do consumo de energia no Brasil (BEN/MME, 2022), de modo que a dependência e o alto consumo dos combustíveis derivados do Petróleo (gasolina e diesel) induzem ao gradativo aumento das emissões de gases poluentes. Em 2021, o total de emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram 445,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. O que representou um aumento de 12,4% em relação ao ano anterior (BEN/MME, 2022). Considerando que o país busca honrar com o compromisso assumido no 'Acordo de Paris', de reduzir (até o ano 2025) 37,5% das suas emissões (em comparação aos dados de 2005), além de restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, torna-se doravante necessário o estímulo ao transporte coletivo, menos poluente, e com a adequação das medidas compensatórias para o sequestro do carbono gerado pelo setor de transporte.

A SEMOVE, Federação das Empresas de Mobilidade do Estado do Rio de Janeiro, por iniciativa de seus sindicatos e empresas associadas elaborou um memorial de cálculo para a um contador automatizado do total de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) não emitido pelo passageiro do sistema de transporte por ônibus do Estado do Rio de Janeiro, ao utilizar o transporte público em comparativo ao transporte individual, representado pelo uso do automóvel. Este resultado será aqui denominado de Carbonômetro e será apresentado no site da instituição, de modo a indicar a possibilidade de compensar as emissões de CO<sub>2</sub> por meio do plantio de mudas nativas da mata atlântica, ajudando a neutralizar as emissões do setor e incentivando o uso de transportes coletivos, contribuindo com a mobilidade urbana sustentável, melhorando a qualidade de vida da sociedade e evitando os frequentes congestionamentos de veículos nas principais metrópoles urbanas do Rio de Janeiro.

## DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

De acordo com estudo publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, os índices de emissões de CO<sub>2</sub> por quilômetro/passageiro, nos diferentes modos de transporte, corresponde a 0,0160 em ônibus, 0,0711 em motocicletas e 0,1268 em automóveis (ver figura abaixo).

### Emissões relativas de CO<sub>2</sub> do transporte urbano – matriz modal de emissões de CO<sub>2</sub>

Modalidade	Emissões quilométricas Kg de Co <sub>2</sub> /Km	Ocupação média de veículos de passageiros	Emissões/Kg de Co <sub>2</sub> /pass. Km <sup>1</sup>	Índice de emissão (metrô=1)	Distribuição modal de viagens urbanas motorizadas <sup>2</sup> (%)	Ext. igual <sup>1</sup> dist. modal de emissões (%)	Ext. TP=2xTI <sup>1</sup> Dist. modal de emissões (%)
Metrô	3,16	900	0,0035	1,0	4	0,2	0,4
ônibus	1,28	80	0,0160	4,6	60	15,7	27,2
Automóvel <sup>2</sup>	0,19	1,50	0,1268	36,1	32	66,5	57,4
Motocicleta	0,07	1,00	0,0711	20,3	3	3,5	3,0
Veículos pesados	1,28	1,50	0,8533	243,0	1	14,0	12,1
				<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>

Fonte e elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Emissões considerando a extensão das viagens iguais (ext. igual) e extensão da viagens de transporte público duas vezes maior que a individual (Ext. TP=2xTI).

<sup>2</sup> Valores médios das Pesquisas Origem Destino das capitais selecionadas.

Figura 1 - Emissões relativas de CO<sub>2</sub> por modo de transporte urbano (IPEA, 2016)

O estudo aponta que a emissão de CO<sub>2</sub> por passageiro é, praticamente, 8 vezes maior em carros do que nos ônibus (7,93 vezes). No mesmo estudo o IPEA aponta que a redução das emissões dos GEE passa pelo estímulo à utilização dos sistemas de transporte público coletivo.

No mesmo estudo utilizou-se um fator de emissão médio de 2,6 Kg de CO<sub>2</sub> para cada litro de diesel queimado na combustão, acrescida de um valor médio de 0,5 Kg de CO<sub>2</sub> provenientes da emissão para produzir e distribuir o combustível, chegando-se a uma taxa - final de emissão em torno de 3,2 kg CO<sub>2</sub>/l de diesel.

Considerando a média de 475.449.995,33 litros de diesel consumidos anualmente, pelo setor de transporte de passageiros por ônibus, em todo o estado do Rio de Janeiro (Semove, 2022), chegou-se à diferença de 10.535.971.897 Kg de CO<sub>2</sub> a mais por ano, caso cada passageiro do transporte por ônibus optasse por utilizar o automóvel.

O carbonômetro apresenta a demonstração visual deste resultado em um temporizador digital (timer) que aponte para a crescente emissão de CO<sub>2</sub> que estaria sendo emitido, ao longo do ano de 2023, caso os passageiros do transporte público por ônibus migrassem para o transporte individual promovido pelo automóvel (emissão evitada).

Sobre a conversão de emissões de CO<sub>2</sub> evitado do ciclo diesel para a área florestal, foi considerada a necessidade de 6,13 árvores por tonelada de CO<sub>2</sub> -equivalente (ESALQ - USP, 2013), o que representaria o plantio de 64.637.864 mudas nativas da Mata Atlântica. De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2014) em cada hectare de floresta atlântica devem ser plantadas cerca de 2.000 mudas nativas. Ou seja, a diferença de emissões de CO<sub>2</sub> caso o passageiro de ônibus do estado do Rio de Janeiro optasse por utilizar o transporte individual representado pelo automóvel, seria equivalente a cerca de 32.318 hectares de Mata Atlântica.

Visando popularizar o resultado e facilitar o entendimento em toda a nossa sociedade, destaca-se que o total de emissões de CO<sub>2</sub> evitado no uso do transporte público por ônibus, no estado do Rio de Janeiro, nos permite inferir os seguintes comparativos abaixo sinalizados:

O resultado corresponde a mais de 08 vezes a área do Parque Nacional da Tijuca, cuja área foi definida em 3.958 hectares ou 39,58 Km<sup>2</sup> (CNUC, 2012).

O resultado corresponde a mais de 1.700 vezes a área do Estádio do Maracanã, cuja área foi definida em 186.638 m<sup>2</sup> (CNEF, 2016).

O resultado corresponde a mais de 09 vezes o total de CO<sub>2</sub> emitido por ano pela cidade de Juiz de Fora/MG, cuja emissão foi definida em 1.083.392 toneladas de CO<sub>2</sub> e por ano, segundo critério sinalizado no GWP-AR5 (SEEG, 2021).

O resultado corresponde a mais de 12 vezes o total de CO<sub>2</sub> emitido por ano pela cidade de Niterói/RJ, cuja emissão foi definida em 849.349 toneladas de CO<sub>2</sub> e por ano, segundo critério sinalizado no GWP-AR5 (SEEG, 2021).

A tabela abaixo indica de maneira simplificada as referências dos valores utilizados para a elaboração do memorial de cálculo do carbonômetro, cujos resultados são apresentados no site da Semove por meio do contador (temporizador digital do tipo timer) que indica para a crescente emissão de CO<sub>2</sub> que estaria sendo emitido, ao longo do ano de 2023, caso os passageiros do transporte público por ônibus migrassem para o transporte individual promovido pelo automóvel (conceito de emissão evitada).

**Tabela 1 - Cálculo do Carbonômetro**

<b>CÁLCULO DO CARBONÔMETRO 2023</b>	
<b>Referência - Banco de Dados Semove - Resultados de 2022</b>	
Média Mensal KM	91.513.873,43
Frota Média Mensal	15.466
Média Mensal de KM / Veículo	5.917
Consumo Médio / Veículo (km/l)	2,31
Consumo Anual de Diesel (l)	475.449.995,33
Consumo Anual Final de Diesel (m <sup>3</sup> )	475.450
<b>Fator de Emissão do Setor</b>	
Emissão de CO <sub>2</sub> Kg / l de Diesel <sup>1</sup>	3,20
Emissão de CO <sub>2</sub> do Setor em 2022 (kg)	1.521.439.985
<b>Dados do IPEA - Emissões nos Modais</b>	
Emissão de CO <sub>2</sub> (Kg) / Km em Ônibus	0,0160
Emissão de CO <sub>2</sub> (Kg) / Km em Automóvel	0,1268
Diferença na Emissão de CO <sub>2</sub> / Km	7,93
<b>Conversão para Automóveis</b>	
A emissão do setor em Automóveis (kg)	12.057.411.882
Diferença das Emissões (Ônibus/automóveis)	<b>10.535.971.897</b>
<b>Resultado do Carbonômetro - Em Kg de CO<sub>2</sub></b>	
Por Dia	28.865.676,43
Por Hora	1.202.736,52
Por Minuto	20.045,61
Por Segundo	<b>334,09</b>
Contador Visual	3,34
<b>Compensação para Áreas Verdes e Emissões Municipais</b>	
Área do Parque Nacional da Tijuca <sup>2</sup>	8,165
Área do Estádio do Maracanã <sup>2</sup>	1.731,99
Emissão Anual de CO <sub>2</sub> e em Juiz de Fora/MG <sup>3</sup>	12,40
Emissão Anual de CO <sub>2</sub> e em Niterói/RJ <sup>3</sup>	9,72

Referências da Tabela:

1 - Utilizou-se neste trabalho um fator de emissão médio de 2,6 kg de CO<sub>2</sub> para cada litro de diesel queimado na combustão, que somado com o valor médio de 0,5 kg de CO<sub>2</sub> emitidos para produzir e distribuir o combustível, chegou-se a uma taxa final de emissão em torno de 3,2 kg de CO<sub>2</sub>/l de diesel (IPEA, 2016).

2 - Utilizou-se neste trabalho a área do Parque Nacional da Tijuca, definida em 3.958 hectares ou 39,58 Km<sup>2</sup> (CNUC, 2012) e a área do Estádio do Maracanã, definida em 186.638 m<sup>2</sup> (CNEF, 2016).

3 - Utilizou-se neste trabalho o total anual de emissões de CO<sub>2</sub>e das cidades de Juiz de Fora/MG e de Niterói/RJ, definidas em 1.083.392 e 849.349 toneladas, respectivamente, de CO<sub>2</sub>e por ano - GWP-AR5 (SEEG, 2021).

Abaixo é possível visualizar uma captura de tela da maneira como o carbonômetro é apresentado, através do site da Semove, disponível em: <https://semove.org.br/>



Figura 2 - Apresentação do Carbonômetro no site da Semove

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal função do carbonômetro, por meio do levantamento realizado, é a de demonstrar a toda a sociedade e aos grupos de interesse, de que ao escolher o transporte público por ônibus no RJ, os usuários deixam de emitir 10.535.971.897 Kg de CO<sub>2</sub> por ano. Este resultado corresponde a mais de 8 vezes a área do Parque Nacional da Tijuca ou 1.700 vezes a área do Estádio do Maracanã, sendo equivalente também a mais de 9 vezes o total de emissões de CO<sub>2</sub> da cidade de Juiz de Fora/MG ou mais de 12 vezes o total de emissões de CO<sub>2</sub> da cidade de Niterói/RJ.

O carbonômetro é mais uma ferramenta que representa a importância do transporte público para a qualidade do ar e para a qualidade de vida da população fluminense. Considerando todos os impactos adversos provocados pela poluição do ar, destaca-se a necessidade de redução na utilização dos veículos particulares e a consequente priorização do transporte público, representada pelo aumento da atratividade do transporte coletivo por ônibus e com significativa contribuição para a construção de um futuro mais sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Balanço Energético Nacional. Empresa de Pesquisa Energética. 2022. Ministério de Minas e Energia. Páginas 9, 45, 46, 47, 48 e 49.

BRASIL. CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação. Parque Nacional da Tijuca. Ministério de Meio Ambiente. 2012. Disponível em: <<https://cnucc.mma.gov.br/>>.

BRASIL. Instrução Normativa ICMBio nº 11. Estabelecer procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD, para fins de cumprimento da legislação ambiental. (Processo nº 02127.000030/ 2013-48). 2014. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.

CBF. CNEF. Cadastro Nacional de Estádios de Futebol (Revisão 6). 2016. Diretoria de Competições da CBF - Confederação Brasileira de Futebol. Lista de Estádios. Parcialmente disponível em:  
<[https://conteudo.cbf.com.br/cdn/201601/20160122182359\\_0.pdf](https://conteudo.cbf.com.br/cdn/201601/20160122182359_0.pdf)>.

ESALQ. Cada árvore da Mata Atlântica chega a retirar 163 kg de CO2 da atmosfera. 2013. USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo - USP, em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica e com o Instituto Totum. Disponível em:  
<[http://www.esalq.usp.br/acom/clipping\\_semanal/2013/3marco/23\\_a\\_29/files/assets/downloads/page0013.pdf](http://www.esalq.usp.br/acom/clipping_semanal/2013/3marco/23_a_29/files/assets/downloads/page0013.pdf)>.

IPEA. Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. Responsável: Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para Discussão 1606, Brasília/DF, 2011. Disponível em:  
[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1578/1/td\\_1606.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1578/1/td_1606.pdf). Páginas 8, 9, 10 e 17.

SEEG. Panorama das Emissões de GEE no Brasil. 2021. Observatório do Clima. SEEG Emissões por Municípios – Estatísticas. Resultados em toneladas (t) de CO2e (GWP-AR5) | ano-base 2019. Disponível em: <<https://plataforma.seeg.eco.br/cities/statistics>>.

SEMOVE. Setor em Números. 2023. Federação das Empresas de Mobilidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em:  
<<https://transparencia.semove.org.br/transparencia/setor-em-numeros/>>