



ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA: ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE

GREENHOUSE GAS EMISSIONS ANALYSIS IN CURITIBA'S PUBLIC TRANSPORT: BRAZILIAN HYBRID BUSES AND SUSTAINABILITY

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA: AUTOBUSES HÍBRIDOS BRASILEÑOS Y SOSTENIBILIDAD

Maclovia Correa da Silva¹, Alexandre Dullius², Carlos Roberto Sanquetta³, Erick Renan Xavier de Oliveira⁴

e361514

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i6.1514>

PUBLICADO: 06/2022

RESUMO

A modalidade de transporte público é um dos principais contribuintes para o aumento da descarga de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Objetivou-se com esta pesquisa mostrar a importância estratégica das tecnologias renováveis no transporte público de ônibus na cidade de Curitiba, sul do Brasil. O país assinou a primeira Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima em 1992, e Curitiba apoiou esta visão de sustentabilidade desde os anos 1970, quando a Prefeitura criou corredores de ônibus exclusivos e uma rede de transporte integrada. Na cidade de Curitiba, em 2012, houve a inclusão de 30 chamados “ônibus híbridos” (hibribus) na frota de transporte coletivo da cidade com motor elétrico e motor de ciclo a biodiesel, operando com óleo diesel e biodiesel. O artigo apresenta um inventário de GGE's comparando as emissões de 30 ônibus com tecnologia híbrida (biocombustível e energia hidrelétrica) e ônibus a diesel. A comparação dos parâmetros entre os três tipos de ônibus a combustível mostrou que tais ações de melhoria da cidade de Curitiba podem enfrentar o problema dos aspectos ambientais relacionados ao baixo nível de emissões, mudanças climáticas, contribuindo para a redução das emissões de combustíveis, recuperando princípios de sustentabilidade urbana, equidade e mitigação de riscos à saúde. As ações voluntárias e políticas de mitigação aumentam a confiança na resposta multilateral dos objetivos internacionais de desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias renováveis. Transporte público. Biocombustível. Emissão de gases.

ABSTRACT

The public transport mode is one of the major contributors to increasing discharge of Greenhouse Gas Emissions (GGEs). This research highlights the strategic importance of renewable technologies in bus public transport in Curitiba's city, south of Brazil. The country signed the first United Nations Framework Convention Climate Change in 1992, and Curitiba supported this vision of sustainability since years 1970, when the City Hall created exclusive bus corridors and an integrated transport network. In Curitiba's city, in 2012, there was the inclusion of 30 called "hybrid buses" (hibribus) in the city's public transport fleet with an electric motor and biodiesel cycle engine, operating on diesel fuel and biodiesel fuel. The paper presents an inventory of GGEs comparing emissions of 30 buses with hybrid technology (biofuel and hydroelectric power) and diesel buses. To compare parameters among the three fuel bus types showed that such improvement actions of Curitiba's city could tackle the problem of environmental aspects related to low emissions level, climate change, contributing to reduce fuel emissions, recovering principles of urban sustainability, equity and mitigating health risks.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

² Instituto Federal do Paraná - IFPR-Paranaguá

³ Professor - Universidade Federal do Paraná - UFPR

⁴ Professor - Instituto Federal do Paraná - FPR-Curitiba



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclóvia Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

The voluntary and political mitigation actions increase the confidence in the multilateral response of international sustainable development.

KEYWORDS: *Renewable technologies. Public transport. Biofuel. Gas emissions.*

RESUMEN

The public transport mode is one of the major contributors to increasing discharge of Greenhouse Gas Emissions (GGEs). This research highlights the strategic importance of renewable technologies in bus public transport in Curitiba's city, south of Brazil. The country signed the first United Nations Framework Convention Climate Change in 1992, and Curitiba supported this vision of sustainability since years 1970, when the City Hall created exclusive bus corridors and an integrated transport network. In Curitiba's city, in 2012, there was the inclusion of 30 called "hybrid buses" (hibribus) in the city's public transport fleet with an electric motor and biodiesel cycle engine, operating on diesel fuel and biodiesel fuel. The paper presents an inventory of GGEs comparing emissions of 30 buses with hybrid technology (biofuel and hydroelectric power) and diesel buses. To compare parameters among the three fuel bus types showed that such improvement actions of Curitiba's city could tackle the problem of environmental aspects related to low emissions level, climate change, contributing to reduce fuel emissions, recovering principles of urban sustainability, equity and mitigating health risks. The voluntary and political mitigation actions increase the confidence in the multilateral response of international sustainable development goals.

PALABRAS CLAVE: *Tecnologías renovables. Transporte público. Biocarburante. Emisiones de gases.*

INTRODUÇÃO

O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em 2004, coordenou a comunicação nacional do Brasil sobre o compromisso com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), assinada em 1992 e ratificada pelo Congresso Nacional Brasileiro em 1994. "A UNFCCC é uma "Convenção do Rio", uma das duas abertas para assinatura na "Cúpula da Terra do Rio" em 1992. Suas Convenções do Rio irmãs são a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica e a Convenção de Combate à Desertificação. Os três estão intrinsecamente ligados" (UNITED NATIONS, 2021).

A UNFCCC, criada em 1994, conta com 197 membros, denominados "partes da Convenção" que reconhecem o fato de que a humanidade precisa de um futuro mais seguro e a existência de perigosas interferências antrópicas (Convenção significa a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, adotada em Nova York em 9 de maio de 1992. Acordo de Paris, 2015). O principal objetivo da Convenção é estabilizar o GGE de forma que a produção de alimentos, as mudanças climáticas, os ecossistemas e as políticas de desenvolvimento econômico e as medidas para corrigir as coisas nos próximos anos (UNITED NATIONS, 2021).

O documento referido "Comunicação Nacional da Convenção" contém inventários nacionais de emissões antrópicas de diversos setores como energia, indústria, silvicultura, agricultura e outros. O principal compromisso do Brasil com a Convenção é desenvolver e atualizar inventários,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

recorrendo ao conhecimento científico, que possam esclarecer as formas de implementação de medidas e melhorias nas atividades antrópicas (BRASIL, 2004).

O país está sempre organizando programas e ações, como a matriz energética limpa, o Programa Nacional do Álcool, Uso Racional de Gás Natural e Derivados, para reduzir emissões, mudar as tendências de uso de combustíveis fósseis e conscientizar a sociedade sobre o aquecimento global e a metas de desenvolvimento sustentável. A maioria das emissões vem do desmatamento para usos agrícolas e pecuários. Apesar da ausência de metodologia e dados adequados para calcular GGEs na agricultura e mudança de uso da terra e silvicultura, o Brasil concentrou suas emissões nesses setores em 1994.

O relatório de 1990-1994 mostrou que o Brasil estava no topo da lista de emissores mundiais de gases de efeito estufa. Os autores atualizaram os dados e concluíram que de 1990 a 2005 as emissões totais de CO₂-equivalente (CO₂eq) aumentaram 17%.

“Devido à grande extensão do território brasileiro, a estimativa de valores para este setor foi uma das partes mais complexas da elaboração do Inventário, o que exigiu um extenso trabalho de avaliação e tratamento dos dados de sensoriamento remoto e estatísticos do inventário florestal” (BRASIL, 2004, p. 11).

Em 2016, na terceira comunicação, o Brasil acrescentou ainda estar realizando um Plano de Agricultura de Baixo Carbono como política de mitigação de emissões – Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. As dificuldades das metodologias brasileiras, apesar das sugestões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), para obter informações precisas ainda são um problema a ser resolvido. A Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima apresenta uma estimativa de revisão para os períodos 2006-2010. A tabela 1 apresenta as estimativas de emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) por setores econômicos (BRASIL, 2016).

Tabela 1. Participação de setores e subsetores nas emissões líquidas de CO₂ em 2010

Setor	Por cento
Combustão de combustíveis – energia	8%
Combustão de combustíveis - indústria	9,2%
Combustão de combustíveis - transporte	22,8
Combustão de combustíveis – outros	5%
setores	
Emissões fugitivas	2,1%
Processo industrial	10,9%
Uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura	42%
Desperdício	10,9

Fonte: BRASIL (2016)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

A evolução do consumo de combustível está associada aos GGEs no ar como dióxido de carbono, metano, vapor d'água, ozônio, óxidos nitrosos e gases fluorados. Gás de efeito estufa é “qualquer gás que tenha a propriedade de absorver a radiação infravermelha (energia térmica líquida) emitida da superfície da Terra e irradiá-la de volta à superfície da Terra, contribuindo assim para o efeito estufa” (MANN, 2021).

O Acordo de Paris das Nações Unidas (2015) destaca a importância das estratégias de desenvolvimento de baixo GGE para alcançar uma sustentabilidade responsável que co-beneficie todas as Partes. O Brasil, refletindo suas circunstâncias especiais e capacidade institucional para mitigar as emissões de gases que potencializam o aquecimento global, tem, como mostra a Tabela 1, criado políticas e legislação alternativas para reduzir as emissões de CO₂ do desmatamento e degradação florestal, e o manejo sustentável das florestas (42 %): “Idealmente, o ciclo do carbono manteria as concentrações de carbono da Terra em equilíbrio, movendo o carbono de um lugar para outro e mantendo os níveis atmosféricos de dióxido de carbono estáveis. No entanto, o ciclo do carbono está mudando por causa da atividade humana. As pessoas estão liberando mais carbono na atmosfera usando combustíveis fósseis e mantendo grandes operações de gado. O desmatamento está esgotando o suprimento de sumidouros de carbono da Terra. Como resultado, a quantidade de carbono na atmosfera está aumentando” (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2021).

De acordo com o tratado internacional do Protocolo de Kyoto, que entrou em vigor em 2005, existem regras para o comércio internacional de emissões e valores atribuídos às Partes para que possam cumprir os compromissos. Os países devem trabalhar 'em casa' para remover as emissões da atmosfera em um nível seguro. O documento indica os mecanismos baseados no mercado para encorajar o GGE a evitar excessos: comércio internacional de emissões (IET); mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e implementação conjunta (JI). O governo nacional deve criar um sistema para observar a obrigação de emissões das entidades privadas e o cumprimento ou não do valor atribuído. “Os governos nacionais devem acompanhar o impacto das transações de entidades e governos no valor nacional atribuído e relatar periodicamente essas informações à comunidade internacional” (OCDE, 2001, p. 9).

O IPCC, constituído em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, organiza e dirige pesquisas mundiais, reuniões de especialistas, seções plenárias de grupos de trabalho e publica relatórios, artigos técnicos, sobre o conhecimento de campo das mudanças climáticas. Assumindo a liderança ambiental, o IPCC recomenda ações metodológicas e esforços para avançar no entendimento, especialmente sobre muitas interações entre as respostas às mudanças climáticas e as atividades humanas. “O IPCC foi criado para fornecer aos formuladores de políticas avaliações científicas regulares sobre as mudanças climáticas, suas implicações e potenciais riscos futuros, bem como para apresentar opções de adaptação e mitigação” (IPCC, 2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

As ações de mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável em tempo real dependem da capacidade tecnológica e econômica e das estratégias para cumprir recomendações, remover ou criar políticas para as necessidades das comunidades, investimentos, julgamentos de valor, aspectos temporais, oportunidades e riscos. Juntos, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável de 2015 vem com uma jornada coletiva que organiza e direciona atividades para o avanço dos direitos humanos de viver em um Planeta curado e seguro. Os objetivos e metas da Agenda conceberam cinco áreas críticas: pobreza e fome, degradação do planeta, equilíbrio entre atividades humanas e natureza, paz e parceria global.

“Estamos comprometidos em alcançar o desenvolvimento sustentável em suas três dimensões – econômica, social e ambiental – de forma equilibrada e integrada. Também nos basearemos nas conquistas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e buscaremos abordar seus negócios inacabados” (UNITED NATIONS, 2020).

A Agenda considera que a mudança climática é um dos maiores desafios dos países. No entanto, os estudos disponíveis contribuiriam para melhorar e fortalecer as capacidades administrativas para alinhar esses objetivos com as metodologias do IPCC. É essencial mencionar a interconectividade global que lida com tecnologias de informação e comunicação para ajudar as Autoridades Competentes a lidar com a deterioração econômica, enriquecer ecossistemas de grande diversidade biológica e estimular o uso adequado de recursos, e avaliar a capacidade das comunidades para manter projetos para resolver problemas emergentes.

Não obstante essas observações, a influência ambiental do transporte de forma econômica e ecológica nas mudanças climáticas é uma realidade a ser enfrentada. Os efeitos do aquecimento global dos combustíveis fósseis crescem e o transporte precisa de alternativas à gasolina e ao diesel. O CO₂ é um gás de efeito estufa que afeta as operações de transporte. Para reduzir as emissões de CO₂ neste setor, com foco nas rodovias, são necessárias medidas de adaptação quanto ao modo e à localização geográfica das regiões. “Há menos estudos examinando a vulnerabilidade dos modais de transporte aéreo e aquaviário do que rodoviário ou ferroviário. No entanto, as alterações climáticas podem afetar mais severamente os modos de transporte aéreo e marítimo do que o transporte terrestre (CHRISTODOULOU; DEMIREL, 2018, p. 7).

As maiores emissões das atividades de transporte consideradas como atividade total e o impacto negativo no meio ambiente dependem, também, do projeto da infraestrutura. O transporte público é um grande contribuinte para as emissões de gases. Um transporte público sustentável pode desempenhar um papel vital para diminuir as emissões. Os ônibus a biogás podem contribuir com a redução das emissões de poluentes atmosféricos e gases nocivos, pois o metano, principal ingrediente do gás natural, pode fazer parte da solução se captado para ser tratado, convertido em combustível ou queimado para produzir energia elétrica.

“Alguns processos liberam mais dióxido de carbono na atmosfera do que absorvem. Qualquer processo que use combustíveis fósseis – como queimar carvão para produzir eletricidade – libera



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

carbono na atmosfera. A criação de gado para alimentação também libera carbono na atmosfera. Esses processos que liberam carbono na atmosfera são conhecidos como fontes de carbono” (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2021).

Este trabalho apresenta uma experiência na cidade de Curitiba, no sul do Brasil, que adota, até hoje, ônibus híbridos como uma ação para colaborar na diminuição das emissões extras de gases de efeito estufa para a atmosfera. A frota ainda possui ônibus queimando combustíveis fósseis e liberando dióxido de carbono, mas o principal é incluir casos subsequentes de uso do combustível biodiesel em ônibus articulados. Esses ônibus flexíveis circulam no transporte público desde 1974, cruzando a cidade de norte a sul e de leste a oeste. Possuem maior capacidade de passageiros (270 pessoas por veículo) e pertencem à categoria de transporte rápido por ônibus (BRT), pois circulam em faixas exclusivas.

Considerado uma ação política sustentável, o hibribus utiliza um combustível alternativo classificado como tecnologias de energias limpas. É um veículo de eletromobilidade movido por um motor elétrico com duas opções de fontes de energia: um conjunto motor-gerador a diesel ou a biocombustível e tecnologias *plug-in* com baterias recarregáveis. Com flexibilidade de operação, os ônibus *plug-in* podem operar no modo 100% elétrico, período em que não emite poluentes e é muito silencioso, e no modo híbrido.

A pesquisa quantifica, por meio de uma análise, as emissões totais de Curitiba no setor de transporte público de setembro de 2012 a agosto de 2013 para verificar as mudanças decorrentes desse uso diferenciado de energias alternativas. O cenário mudou com o passar dos anos, mas a cidade se convenceu e manteve o sistema. Em 2016, a URBS - Urbanização de Curitiba S./A., empresa responsável pelo desenvolvimento de obras de infraestrutura, programas de equipamentos urbanos relacionados ao desenvolvimento urbano, para o transporte público de Curitiba, publicou notícias sobre a tecnologia econômica e as consequências menos poluentes do diesel ônibus, ônibus híbridos, ônibus híbridos e elétricos.

“Em comparação com o modelo diesel, o HibriPlug emite 55% menos dióxido de carbono; 540% menos NOx (óxidos de nitrogênio) e 1.500% menos material particulado (fumaça preta). É praticamente o dobro do resultado obtido pelo hibribus, em circulação há quatro anos em Curitiba. Comparado ao mesmo diesel convencional, o hibribus emite 26% menos CO₂; 430% menos NOx e 700% menos material particulado” (CURITIBA, 2016).

A URBS, instituição criada com o objetivo de administrar o Fundo de Urbanização de Curitiba, desenvolve obras de infraestrutura urbana, programas e atividades de equipamentos urbanos. É uma empresa de economia mista há 58 anos e às suas funções originais agregou-se: a gestão e planejamento operacional dos transportes públicos, a gestão do sistema oficial de táxis além da atribuição de operacionalizar a atividade de transporte de motos na cidade.

Durante a operação de veículos e produção de combustível, os estudos do autor nos mostram a poluição do ar, os padrões de qualidade do ar ambiente e os riscos para a saúde humana



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

e para o meio ambiente. Assim, preocupar-se com veículos limpos e tecnologias de combustível, em nível comunitário, é relevante e pode reduzir as emissões de poluentes atmosféricos de ônibus, carros e caminhões. Falando sobre as mudanças climáticas em tempos de pandemia e as oportunidades para estudantes, ativistas, partes interessadas se envolverem mais, Thomsen e Creelman (2021) acreditam que uma população de 10.000 pessoas pode promover melhores soluções para esse problema perverso. Estamos cientes das tendências e desafios globais, por isso é imperativo nutrir escala localizada para vislumbrar características sócio-político-geográficas, barreiras, oportunidades, redes sociais e instituições, semelhanças, habilidades e assim por diante.

“A abordagem de décadas para transportar pessoas ao redor do mundo para negociar e discutir questões climáticas falhou. As emissões de CO₂ são um problema, mas ainda mais é a mensagem que é enviada a todos. Então, existem outras maneiras? Esta abordagem não levou a nenhuma redução das emissões de CO₂ e muito menos a uma redução das concentrações de CO₂ na atmosfera que é necessária para estabilizar o clima. A combinação da crise climática e da biodiversidade e a pandemia de covid-19 colocou em foco a insustentabilidade da tradicional conferência científica internacional” (THOMSEN; CREELMAN, 2021).

1 REVISÃO DA LITERATURA - COMBUSTÍVEIS E POLUIÇÃO DO AR

Inserido na matriz energética brasileira através da Lei Federal nº 11.097, de 13 de maio de 2005, o Biodiesel ainda é um combustível comum para ônibus. No entanto, sua incorporação nos demais combustíveis, como óleo diesel, vinha se realizando gradativamente, 2%, 5%, 7%, 8% e 10%. Em março de 2021, o governo brasileiro, representado pelo Conselho Nacional de Política Energética, autorizou a Agência Nacional do Petróleo a adicionar 13% do biodiesel renovável ao diesel fóssil (GOV.BR, 2021). Porém, devido aos preços do biodiesel e diesel fóssil, dos reajustes e da tributação legal, em abril de 2021, uma nova resolução alterou o percentual para 10%. “Como interesse da Política Nacional de Energia, a redução do percentual de mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), durante o 79º Leilão de Biodiesel (L79) (GOV.BR, 2021).

O biodiesel é um combustível que possui características semelhantes ao diesel, e possui praticamente as mesmas propriedades. Apresenta vantagens em relação ao combustível fóssil, pois é derivado de matéria-prima renovável, biodegradável, gera redução nas principais emissões presentes nos gases de escape (exceto óxidos de nitrogênio), e possui alto ponto de fulgor com excelente lubrificidade (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005).

Como a melhoria da infraestrutura de transporte público não é uma prioridade do governo e o aumento frequente dos preços das passagens, as pessoas migram para alternativas mais baratas para ir de um lugar para outro. Toledo (2019) acredita que os sistemas *Bus Rapid Transport* (BRT), implantados em algumas cidades brasileiras, como Curitiba-PR, em 2018, trazem benefícios econômicos, geram empregos e apoiam as atividades industriais. No entanto, o Brasil precisa não



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

apenas usar biocombustíveis sustentáveis. É urgente criar políticas para reduzir o transporte individual motorizado. O país precisa oferecer opções de direção ecológica, incentivos fiscais e motivar os consumidores a aderirem aos Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), sistemas de transporte público economicamente viáveis e customizados.



Figura 1. *Bus Rapid Transport* em Curitiba, Brasil. Combustível bi

Toledo (2019, p. 107) estudou o caso do transporte público de uma cidade brasileira, situada no nordeste do país. Ele diz que “a implementação de ônibus elétricos, em substituição aos atuais ônibus a diesel, no transporte urbano, pode aumentar sua contribuição para a redução de emissões se associada a uma mudança na rede de ônibus de uma rede ponto a ponto para uma rede troncal.”

Empresas e governos podem trabalhar juntos para remover pequenos ônibus e ônibus públicos que emitem gases de escape, usando mais combustível, e não gerando custos. Os grandes ônibus de rota fixa devem funcionar adequadamente para evitar o desperdício de recursos e aumentar os custos operacionais.

A opção de ônibus híbrido-elétricos com emissões reduzidas, acionados por um motor elétrico, permite que o motor de combustão funcione em períodos de máxima eficiência e custos de manutenção decrescentes. O motor de combustão conectado ao motor elétrico funciona de forma independente. “O motor elétrico é projetado para fornecer energia durante o tráfego de paradas e partidas, enquanto em velocidades de rodovia o veículo é movido exclusivamente pelo motor de combustão interna” (EESI, 2021, p. 2). Ao acelerar, a transmissão é produzida por ambas as potências. “Além disso, por meio de um processo chamado frenagem regenerativa, a energia perdida devido à frenagem é recuperada e utilizada para carregar a bateria” (EESI, 2021, p. 2).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovia Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira



Figura 2. O híbribus em Curitiba-Brasil.

Esses ônibus funcionam sem emissões de gases de escape. O consumo de combustível é 39% menor do que os ônibus a diesel fóssil. A indústria Volvo (Volvo Car Corporation) está produzindo esses ônibus, e eles não precisam de investimentos especiais em infraestrutura. “Suas baterias são carregadas a bordo do veículo usando a energia gerada pelo freio motor. Isso significa que os ônibus híbridos podem ser usados em qualquer rota de ônibus tanto em operações no centro da cidade quanto nos subúrbios” (VOLVO, 2019). Grã-Bretanha é o principal cliente “Os clientes do mercado espanhol investiram em um total de mais de 300 ônibus híbridos da Volvo, dos quais 120 somente no ano passado. Na Suécia, a Volvo Buses vendeu mais de 200 ônibus híbridos para cidades como Gotemburgo, Sundsvall, Näss jö, Värnamo e Kungsbacka” (VOLVO, 2019).

Em julho de 2016, a frota de transporte público de Curitiba passou a operar com ônibus híbridos elétricos Volvo. O grande objetivo principal desta ação sustentável foi reduzir os níveis de emissão de poluentes da cidade e o uso de combustíveis fósseis. A Volvo trabalhando em parceria com a Siemens, unificando pesquisa, tecnologia e expertise, maximizando o retorno do investimento, projetaram estações de carregamento rápido para as baterias do motor elétrico. “O sistema reduz em até 75% o consumo de diesel” e “o consumo total de energia do modelo é 60% menor do que os movidos a diesel, representando um enorme ganho ambiental para a cidade” (AUTOMOTIVE WORLD, 2016).

Como negócio, os objetivos exigem, dependendo da demanda, os ônibus híbridos podem rodar no modo 100% elétrico e no modo híbrido. Curitiba comprou o tipo de veículo padrão, com capacidade para 91 passageiros. O híbrido convencional no Brasil faz parte do projeto de eletromobilidade na América Latina. Glensor e Muñoz (2019), trabalhando na Análise do Ciclo de Vida, examinaram o efeito da adoção gradual de veículos elétricos ou biocombustíveis. Em 2050, o transporte brasileiro de passageiros seria composto por 100% de veículos movidos a biocombustível (etanol de cana ou biodiesel à base de soja).

As emissões de poluentes atmosféricos seriam reduzidas, mas havia os efeitos negativos, “como toxicidade humana, ecotoxicidade da água, eutrofização da água doce, acidificação e depleção de metais, entre outros [...], estimando-se que os danos à saúde humana representem 43% da carga ambiental completa causada pela produção de uma bateria de íons de lítio” Glensor e Muñoz (2019). Os biocombustíveis, por outro lado, comparados aos veículos elétricos, não reduzem



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

o aquecimento global tanto quanto se espera. “Além disso, é importante ter em mente que a produção de cana-de-açúcar está associada aos seguintes impactos ambientais e sociais”: desmatamento, poluição do solo, do ar e da água, perda de biodiversidade, más condições de trabalho e alterações na paisagem.

A Análise do Ciclo de Vida Brasileiro de Glensor e Muñoz mostra que, se o foco da política permanecer nos biocombustíveis, “deve-se garantir que qualquer terra adicional usada para cultivar matérias-primas de biocombustíveis não tenha alto carbono armazenado. Ou seja, “deve ser Cerrado ou floresta plantada, ou biomas semelhantes, ou melhor ainda que deve vir de terras já desmatadas, como terras agrícolas usadas para outras culturas, pastagens degradadas ou áreas abandonadas” Glensor e Muñoz (2019, p. 22).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo quantitativo e qualitativo. Existe uma plataforma desenvolvida pelo Programa Brasileiro GHG Protocol chamada 'Registro Público de Emissões' que auxilia as organizações de seus membros na publicação de inventários sobre GGE. Considerado um dos maiores bancos de dados de inventários corporativos da América Latina, esta pesquisa utilizou seus dados para comparar as emissões de tecnologias híbridas e combustíveis e as contribuições para reduzir GEE e alcançar novos passos de sustentabilidade responsável.

Foram avaliadas apenas as emissões de combustão de gases dos veículos da frota de ônibus urbanos públicos da cidade, referentes à área da cidade do território (435.036 Km²) e fontes móveis terrestres. A análise das emissões de poluentes atmosféricos teve sua consistência nos dados de quantificação das emissões compreendidas no período de 12 meses, de setembro de 2012 a agosto de 2013, considerando os seguintes gases de efeito estufa: CO₂, CH₄ e N₂O.

A frota da cidade contava com 1.930 ônibus, sendo 34 movidos a biodiesel puro B100, 30 híbridos e 1.866 movidos a diesel metropolitano, com mistura de 5% de biodiesel. Para a frota que consumiu óleo diesel, foi possível obter a quantificação de CO₂, CH₄ e N₂O. No entanto, para tecnologias híbridas, a calculadora não considera as emissões de N₂O e CH₄. Assim, foram contabilizadas apenas as emissões equivalentes de CO₂, utilizando fatores de emissão disponíveis na base de dados que seguem as normas e diretrizes estabelecidas pelo IPCC, apresentadas na tabela 2 (multiplicando cada litro de combustível consumido pelo fator de emissão).

Tabela 2. Fatores de Emissão

Combustível	Unidade	Fatores de Emissão CO ₂ (kgGEE's/unidade)	Fatores de Emissão CH ₄ (kgGEE's/unidade)	Fatores de Emissão N ₂ O (kgGEE's/unidade)
Diesel	Litro	2.6710	0,0001	0,00014
Biodiesel	Litro	2.4991	x	x

Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol (2013).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

A fonte de dados do inventário da URBS foi o principal local de onde vieram os cálculos de emissões de poluentes atmosféricos. O conjunto de dados de opacidade de fumaça medido na análise do barramento utilizou a metodologia adotada para a realização dos testes de opacidade, atendendo aos parâmetros legais da norma nacional ABNT NBR 13037, e ABNT NBR 12897 para o equipamento utilizado (Opacímetro), marca Napro, Modelo NA9000P (ABNT, 2001).

Para discussão, adequada comparação do uso de tecnologias híbridas e diesel e análise de emissões de poluição atmosférica, as seguintes informações da fábrica de ônibus aceitas como feitas são: Material particulado - Redução de 89%; Óxidos de nitrogênio (NOX) - redução de 80%; CO₂ - Redução de 35%.

Para considerar as emissões de poluentes atmosféricos evitadas pelo uso do biodiesel, recorreremos ao estudo de Gazzoni. Apresenta um fator de emissão para o biodiesel produzido no Brasil que avaliou todo o ciclo de vida de uma cadeia produtiva, considerando uma mistura de matéria-prima média de 82% óleo de soja e 18% sebo bovino, sendo o fator de emissão utilizado para este fim de 862 g/l de equivalente de CO₂.

Os próximos dois exemplos foram úteis para a análise econômica do banco de dados dos efeitos da poluição do ar proposta neste artigo. Uma análise econômica do consumo de combustível é apresentada na tabela 3. Um ônibus híbrido fez em média 3,14 km por litro, e o modelo movido a diesel tem em média 2,03 km por litro. Em 100 quilômetros, isso representa uma diferença de 54,68% (percorrido em km) de economia de combustível, e também uma diferença de 35,35% de redução no consumo de combustível. Isso significa que para percorrer essa distância seriam necessários 49,26 litros de diesel para os ônibus B7R da Volvo (modelo 16 toneladas) enquanto o consumo de combustível do modelo híbrido seria de 31,85 litros.

Tabela 3. Comparação do consumo de combustível de ônibus diesel e híbrido (estimativa)

Economia de combustível	Um Modelo Diesel B7R Volvo	Um modelo híbrido Volvo	Diferença (percorreu 100km)
Média/ 1 km.litro ⁻¹	2,03%	3,14%	54,68%
Consumo médio/combustível 100km.litro ⁻¹	49,26%	31,85%	35,35%

Fonte: Adaptado de URBS (2010).

Em relação à tabela 3 e tabela 4, as diferenças indicam uma eficiência energética favorecida pela redução de GEEs pela frota hibribus. A estimativa de modelagem das emissões de poluentes atmosféricos de um ônibus híbrido, para 70.000 quilômetros percorridos/ano são menores em dióxido de carbono (35%), óxidos de nitrogênio (80%) e material particulado (89%).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovia Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

Tabela 4. Emissões de CO₂, NO_x e Material Particulado (PM) por ônibus (estimativa).

Estimativa de emissões de poluentes atmosféricos para um ônibus (Kg)	Modelo Diesel	Modelo Híbrido Volvo	Diferença
Emissões	B7R Volvo	58.560	(percorreu 70.000km)
CO ₂ (Kg)	90.870	164	59,22
Emissões	637	1,64	25,75

Fonte: Adaptado de URBS (2010).

3 RESULTADOS

Os resultados, divididos em quatro seções, trazem discussões sobre perfil de emissões totais de GGEs, teste de opacidade de fumaça, emissões de GGEs evitadas, análise econômica.

a) Perfil de emissões totais dos GEEs - No período delimitado pela pesquisa, o setor de transporte público da cidade consumiu um total de 74.803.477,00 litros de combustível, sendo 72.528.003,898 litros de diesel e 2.275.471,59 litros de biodiesel B100. Para esse consumo, o transporte público da cidade foi responsável pela emissão de 184.036,19 toneladas de CO₂, 14,93 toneladas de CH₄, 1,47 toneladas de N₂O e um total de 184.804,93 toneladas de CO₂ provenientes do uso de diesel nos motores.

As emissões de biodiesel corresponderam a 14.749,18 toneladas métricas de CO₂, sendo que 9.062,62 toneladas métricas foram provenientes dos 5% presentes no diesel e 5.686,56 toneladas métricas provenientes do uso de biodiesel puro em ônibus com motores adaptados e devidamente regulamentados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Assim, o total de CO₂ equivalente emitido no período correspondeu a uma emissão de 199.554,10 toneladas métricas de CO₂ equivalente.

b) Testes de opacidade da fumaça - Avaliando os níveis de opacidade (fumaça preta), é concebível identificar o estado de conservação dos veículos do ciclo diesel. Além disso, os testes de opacidade são adequados para classificar os níveis de emissão de veículos a diesel e medir o desempenho ambiental da queima de combustíveis e/ou biocombustíveis. Como dito anteriormente, no Brasil a efetividade da ação se dá por meio de programas de inspeção e manutenção, respaldados pela NBR 13.037 e pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Para veículos em uso, as Resoluções nºs 16/95 e 251/99 estabelecem procedimentos e limites máximos de opacidade para avaliação de veículos automotores do ciclo Diesel (CONAMA, 1995; 1999). A medição deve ser feita com opacímetro certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

A Tabela 5 apresenta os testes da frota de ônibus híbridos - modelo BR7 da Volvo Car Corporation - realizados pela URBS em Curitiba. De acordo com a Resolução 003/90 (CONAMA, 1990), que regulariza os níveis permitidos de concentração de poluentes atmosféricos, os limites máximos de concentração de fumaça preta na área urbana obedecem aos índices descritos na



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

Tabela 4. É importante consideração que esses veículos, fabricados após o ano 2000, operavam a uma altitude superior a 900 metros acima do nível do mar, cujo índice de limite máximo é de 2,3 m⁻¹.

Tabela 5. Resultados dos Testes de Opacidade para a frota de ônibus de Curitiba.

Média.*	Jan/13	Fev/13	Mar/13	Abr/13	13 de maio	Junho/13	Jul/13	Ago/13	Set/13	Aver.
Ônibus híbrido B100	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,02	0,01	0,10	0,04
Ônibus híbrido B5	0,31	0,30	0,28	0,25	0,24	0,24	0,26	0,12	0,23	0,25
B7R B5	0,29	0,29	0,37	0,34	0,30	0,29	0,27	0,53	0,22	0,32

Fonte: Adaptado de URBS (2012).

Os resultados apresentados na tabela 5 evidenciam que os testes de opacidade estão dentro limites permitidos pela legislação vigente. Nos ônibus movidos a diesel, representados pelo modelo BR7, há maior opacidade na emissão de gases em relação aos híbridos B100 e B5. O modelo BR7 possui maior nível de opacidade emitida (88, 90%) se comparado ao B100 (56, 13%). O melhor cenário é o uso de tecnologia híbrida com biocombustível. Neste caso, o uso de biodiesel 100% combinado em paralelo com o motor elétrico apresenta uma redução de 93,45% na emissão de níveis de opacidade, ou seja, o modelo híbrido operando a B100, emite cerca de 93% menos fumaças preta.

A redução da opacidade é representativa e favorável ao uso do Biodiesel, em parte explicada pela ausência de enxofre (SO_x) no biocombustível. O enxofre (SO_x) compartilha o oxigênio disponível na fase final da combustão com o carbono resultante da queima parcial. Em condições de operação do motor, aumenta a produção de material particulado (MAZIERO *et al.*, 2006).

Guariero *et al.* (2011) relatam que os poluentes lançados na atmosfera pelos veículos são provenientes do processo de combustão incompleta. Quando o combustível injetado no cilindro não encontra a quantidade de ar necessária para queimar, os gases são emitidos diretamente pelos escapamentos dos veículos, como óxidos de carbono e nitrogênio, enxofre, álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos e material particulado. Ressaltam ainda que os poluentes primários podem interagir entre si ou reagir – fotólise – e formar poluentes secundários, como ozônio, peroxiacetil nitratos (PAN) que podem ser prejudiciais a eles e ao meio ambiente.

c) Emissões evitadas de GEE - Considerando o consumo anual de B100, acrescido dos 5% de biodiesel incluído no diesel, durante os meses de setembro de 2012 a agosto de 2013, há um consumo de combustível renovável utilizado na frota de ônibus urbanos de Curitiba de 5.901. 871,78 litros de biodiesel litros.

Com base no valor total das emissões de B100, decorrentes da queima do combustível e descontados os resultados obtidos com o fator de emissão do biodiesel brasileiro, obteve-se uma

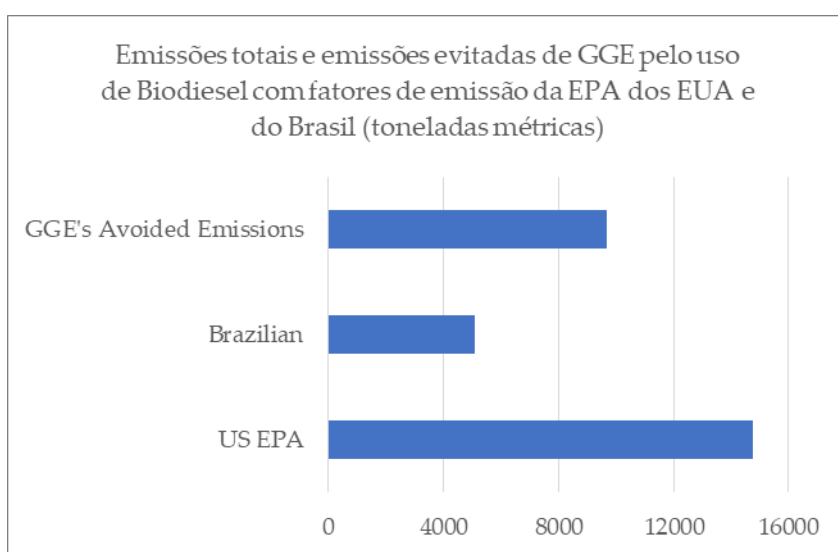


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

diferença real de emissão, denominada neste trabalho como emissões evitadas de GEEs, totalizando um valor de 9.661,96 toneladas métricas de CO₂ equivalente, conforme mostrado no Gráfico 1. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) fornece premissas e diretrizes para fazer e melhorar inventários como parte de seu Programa de Melhoria do Inventário de Poluentes do Ar. No Gráfico 1 foram utilizados os fatores de emissão, apesar de suas limitações, para a gestão da qualidade do ar retratados pela Agência.

Gráfico 1. Emissões totais e emissões evitadas da GGE utilizando Biodiesel com fatores de emissão da US EPA e do Brasil (toneladas métricas).



Fonte: De acordo com dados da pesquisa (2014).

Os resultados desta fonte individual têm um desenho típico de emissões, mas apoiam a ampla adoção de boas práticas levando em conta os propósitos regulatórios. No período do estudo, considerando as emissões totais de GGEs do transporte urbano de ônibus de Curitiba, foram evitadas aproximadamente 10.000 toneladas de CO₂. O incentivo ao uso de veículos híbridos proporciona mudanças rápidas e diretas no setor de transportes, com o uso de fontes de energia limpas e renováveis, representando eficiência energética e redução nos índices de GEEs (WORLDLII, 1989).

É fundamental, portanto, considerar que a motorização se multiplicou no século XXI e caminha em direções opostas aos investimentos em transporte público. O aumento do tráfego urbano nas vias gera problemas de congestionamento, acidentes, danos e contaminação ambiental, efeitos nocivos à saúde humana, ruído excessivo e emissão de poluentes (ESSEN *et al.*, 2008).

Com base em uma projeção de que em 2050 o crescimento da população urbana seria de aproximadamente 54% em relação aos números de 2008, e o consumo de combustível permanece sem alterações, as emissões de CO₂, no Planeta, aumentarão 590% acima da linha de base. Os cenários de Rosa *et al.* são mais otimistas. Se o consumo de combustível tivesse sido substituído por



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

biocombustíveis, substituindo a gasolina automotiva pelo etanol, para todos os tipos de veículos, enquanto a mobilidade padrão europeia, em termos percentuais, o GGE teria diminuído para 165% (ROSA *et al.*, 2008).

4) Análise econômica - Conforme descrito acima, o consumo anual total de óleo diesel do modelo BR7 foi de 72.528.003,90 litros, para uma distância percorrida de 147.231.847,92 km, rodando a uma média de 2,03 km/l, e o consumo de ônibus híbridos, no mesmo quadro, representou cerca de 46.889.123,54 litros com média de 3,14 km/l. A análise revelou que os ônibus híbridos consomem 35,35% menos combustível que o modelo BR7.

Assim, multiplicando os litros de diesel consumidos pelos preços brasileiros de 2014 (72.528.003,90 l por R\$ 2,44 o litro), e fazendo o mesmo pelo consumo dos ônibus híbridos, obteve uma diferença significativa em valor e em emissões (R\$ 176.968.329,52 - R\$ 114.409.461,44 = R\$ 62.558.868,08). A diferença pode ser reconhecida diretamente no resultado. O ônibus com maior emissão é um modelo caro e prejudicial e causa mais danos em termos de consequências ambientais do que o híbrido (ver tabela 6).

Tabela 6. Comparação dos custos de consumo de combustível entre BR7 e ônibus híbrido em Curitiba (2014)

Veículo	Km/l	Km percorrido	Consumo de litros	% de consumo	Preços do Diesel Brasileiro (ANP)	Custos totais (em reais)
BR7 Volvo	2,03	147.231.847	72.528.003,90	100%	R\$ 2,44	R\$ 176.968.329,52
ônibus híbrido	3,14	147.231.847	46.889.123,54	-35,35%	R\$ 2,44	R\$ 114.409.461,44
Diferença	-	-	25.638.880,36	-	-	R\$ 62.558.868,08

Fonte: De acordo com dados da pesquisa (2014).

Além disso, é relevante olhar além dos ganhos financeiros e não perder as tecnologias limpas para as energias renováveis. Zero emissão de enxofre quando combinado com biodiesel, produz 25,75% menos óxidos de nitrogênio e 11,2% menos material particulado. Os poluentes atmosféricos são, de longe, uma das maiores causas do fardo das doenças e devemos afirmar que devemos colocar os recursos públicos onde serão mais eficazes.

A maior causa de morte por poluição foi devido à inalação de poeira fina e material particulado, sendo que 80% desses poluentes são produzidos pela combustão incompleta de combustíveis. As partículas, quando inaladas, prejudicam o sistema respiratório, sendo as crianças e os idosos os grupos de risco mais vulneráveis para desencadear problemas respiratórios (VORMITTAG; SALDIVA; MIRANDA, 2013).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo global reduziu as distâncias com o movimento da internet, mas esforços mais amplos são substanciais para viver no planeta. Diante de novas realidades, viajar todos os dias é necessário, mesmo vivendo um tempo de pandemia. As distâncias inadequadas entre residência e local de trabalho exigem deslocamentos locais diários e o uso de transporte público para cidadãos de baixa renda. Em Curitiba, durante os anos de 1970 e 1980, o sistema de transporte mudou. A sustentabilidade urbana foi a palavra mágica para transformar realidades, principalmente com a proposta de faixa exclusiva e rede integrada de transportes.

A cultura de eficiência de tecnologia limpa que nega poluentes do ar está se estendendo sempre, e chegou aos ônibus híbridos. A cidade é um lugar para criar vínculos estáveis e atualizar conhecimentos. Com base em valores, que levam a direitos e deveres, a cidade busca novos mercados e projetos viáveis.

O uso de híbridos elétricos e biocombustíveis nos ônibus da frota de transporte público contribuiu significativamente para a melhoria da qualidade do ar e de vida da população curitibana. Os ônibus ainda estão funcionando em 2021. Um GGE cumulativo substancial e reduções de emissões de poluentes foram implementados. Os ganhos ambientais do uso de combustíveis renováveis reduziram as emissões representaram aproximadamente 10.000 toneladas métricas de CO₂ em um ano.

Em 1992, o país assinou a primeira Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O Conselho Nacional do Meio Ambiente do Brasil forneceu os padrões de qualidade do ar em 2018 para preservar a saúde da população e combater os efeitos adversos dos poluentes. O objetivo principal é informar à população as relações entre as concentrações dos poluentes monitorados e possíveis efeitos desfavoráveis à saúde. As ações voluntárias e de mitigação política de Curitiba fortalecem também a resposta multilateral dos objetivos internacionais de desenvolvimento sustentável.

Mudanças na escolha do combustível nas frotas de transporte público podem ser uma forma de reduzir as emissões de GGEs e trazer benefícios à saúde da população. É um processo multinível e transversal e depende de muitos acordos, financiamentos, pesquisas e testes. Devemos manter o foco no desenvolvimento do sistema de transporte aprimorando as discussões críticas, em um cenário de produção global, para participar dos bons planos de ação.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 13037:2001** - Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre - Determinação da opacidade - Método de ensaio. São Paulo: ABNT, 2001. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=62763>. Acesso em: 7 out. 2021.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovía Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

AUTOMOTIVE WORLD. Curitiba, Brasil recebe primeiro onibus híbrido elétrico Volvo. **Automotive World**, 7 jul. 2016. Disponível em: <https://www.automotiveworld.com/news-releases/curitiba-brazil-receives-first-volvo-electric-hybrid-bus/>. Acesso em: 7 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. General Coordination on Global Climate Change. **Brazil's initial national communication to the United Nations framework convention on climate change**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2004. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/brazilinc1e.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de mudanças Climáticas. **Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3es.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

CERRI, C. C.; MAIA, S. M. F.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Emissões de gases do efeito estufa do Brasil: importância da agricultura e pastagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000600017>. Acesso em: 7 out. 2021.

CHRISTODOULOU, A.; DEMIREL, H. **Impacts of climate change on transport - A focus on airports, seaports and inland waterways**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. ISBN 978-92-79-97039-9. doi: 10.2760/378464.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Sem título**. Brasília: Conama, 1995. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 7 out. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Sem título**. Brasília: Conama, 1990. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 7 out. 2021.

CURITIBA. Tecnologia do Hibriplug é aprovada para uso no transporte coletivo. **URBS Notícias**, nov. 2016. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/noticia/tecnologia-do-hibriplug-e-aprovada-para-uso-no-transporte-coletivo>. Acesso em: 7 out. 2021.

EESI. Environmental and Energy Study Institute. **Hybrid buses Costs and benefits**. [S. l.]: Environmental and Energy Study Institute, 2021. Disponível em: https://www.eesi.org/files/eesi_hybrid_bus_032007.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

ESSEN, H. V.; DELFT, C. E.; DELFT. The Environmental Impacts of Increased International Road and Rail Freight Transport. OECD/ITF Global Forum on Transport and Environment in a Globalizing World. *In: Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World*, 10-12 November 2008.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, fev. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/dFhw6srNTgmvLRQbZc7jgFt/abstract/?lang=en>. Acesso em: 7 out. 2021.

GAZZONI, D. L. **Balanco de emissões de dióxido de carbono por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectivas**. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/987401/balanco-de-emissoes-de-co2-por-biocombustiveis-no-brasil-historico-e-perspectivas>. Acesso em: 7 out. 2021.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovio Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

GLENSOR, K.; MUÑOZ, B. M. R. "Life-Cycle Assessment of Brazilian Transport Biofuel and Electrification Pathways." **Sustainability**, v. 11, n. 22, p. 1-31, 2019. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v11y2019i22p6332-d285865.html>. Acesso em: 7 out. 2021.

GOV.BR. Imprensa Nacional. Despacho do Presidente da República. Diário Oficial da União. **Resolução nº 4, de 9 de abril de 2021, do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE.** Aprovo. Em 13 de abril de 2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), no 79º Leilão de Biodiesel. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-313697367>. Acesso em: 7 out. 2021.

GUARIERO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual Química**, v. 3, n. 5, p. 434- 445, 2011.

IPCC. **IPCC Expert Meeting on Climate Change, Food, and Agriculture.** Dublin, Ireland 27-29 May 2015. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/Food-EM_MeetingReport_FINAL-1.pdf.

IPCC. **IPCC Expert Meeting on Mitigation, Sustainability and Climate Stabilization Scenarios.** Addis Ababa, Ethiopia 26–28 April 2017. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC_2017_EMR_Scenarios.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

MANN, Michael E. **Greenhouse gas:** Atmospheric science. [S. l.]: Britanica, 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>. Acesso em: 7 out. 2021.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. F. Avaliação de emissões poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 4, 2006.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Carbon Sources and Sinks. **National Geographic**, 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/carbon-sources-and-sinks/>. Acesso em: 7 out. 2021.

OCDE. Environment Directorate and International Energy Agency. **Kyoto mechanisms, monitoring and compliance:** From Kyoto to The Hague. Organization for Economic Co-operation and Development. Kyoto: OECD, 2001. Disponível em: <http://www.oecd.org/environment/cc/2466825.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

ROSA, M. V. F.; OBELHEIRO, M. R.; BOLTTESINI, G.; LINDAU, L. A. **Estimando as emissões atuais e futuras do transporte urbano no Brasil.** Rio Grande do Sul, RS: UFRGS, 2008. Disponível em: http://cmsdespoluir.cnt.org.br/Documents/PDFs/Artigo%20de%20PA%20de%202008_Estimando%20as%20emissoes%20atuais%20e%20futuras%20do%20TU%20no%20Brasil.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

THOMSEN, Soren; CREELMAN, Alastair. **From exclusive conferencing to community building – facing the challenge of the climate crisis.** [S. l: s. n.], 2021. Disponível em: <https://postpandemicuniversity.net/2021/03/07/from-exclusive-conferencing-to-community-building-facing-the-challenge-of-the-climate-crisis>. Acesso em: 7 out. 2021.

TOLEDO, André Luiz Lopes. **Emissões de gases de efeito estufa da mobilidade urbana:** o caso de Natal. 2019. Tese (Doutorado) – COPPE, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA:
ÔNIBUS HÍBRIDOS BRASILEIROS E SUSTENTABILIDADE
Maclovia Correa da Silva, Alexandre Dullius, Carlos Roberto Sanquetta, Erick Renan Xavier de Oliveira

http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Andr%C3%A9_Toledo_DOUTORADO-2019.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

UNITED NATIONS. **Climate Change**: What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?. [S. l.]: United Nations, 2021. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>. Acesso em: 7 out. 2021.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **Sustainable Development Transforming our world**: the 2030 Agenda for Sustainable Development. [S. l.]: United Nations, 2020. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 7 out. 2021.

UNITED NATIONS. **Framework convention on climate change**. [S. l.]: United Nations, 1992. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convention.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

UNITED NATIONS. **Paris Agreement**. [S. l.]: United Nations, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 7 out. 2021.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals**. [S. l.]: United Nations, 2021. Available online: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 7 out. 2021.

VOLVO. **Forte demanda por ônibus híbridos energeticamente eficientes da Volvo**. Suécia: Volvo, 2019. Disponível em: <https://www.volvobuses.com/en/news/2019/may/strong-demand-for-volvo-energy-efficient-hybrid-buses.html>. Acesso em: 7 out. 2021.

VORMITTAG, E.; RODRIGUES, C. G.; MIRANDA, M. J.; CAVALCANTE, J. A.; COSTA, R. R.; CAMARGO, C. A.; SALDIVA, P. Avaliação do Impacto da Poluição Atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2013. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/pesquisa-avaliacao-do-impacto-da-poluicao-atmosferica-no-estado-de-sao-paulo-sob-a-visao-da-saude/>. Acesso em: 7 out. 2021.

WORLDLII. **United Nations General Assembly**. [S. l.: s. n.], 1989. Disponível em: <http://www.worldlii.org/int/other/UNGA/1989/>. Acesso em: 7 out. 2021.