

## ANÁLISE ECONÔMICA E AMBIENTAL PARA SUBSTITUIÇÃO DA FROTA À COMBUSTÃO DO BRT DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA POR VEÍCULOS ELÉTRICOS

*Data de submissão: 28/06/2023*

*Data de aceite: 03/07/2023*

### **Euclides Pinto da Costa Neto**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Discente da graduação em Engenharia de  
Transportes  
Aparecida de Goiânia – Goiás

### **João Vitor Lima Sousa**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Discente da graduação em Engenharia de  
Transportes  
Aparecida de Goiânia – Goiás

### **Jonadabe Lauvers dos Santos Mascena**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Discente da graduação em Engenharia de  
Transportes  
Aparecida de Goiânia – Goiás

### **Bruna Ferreira de Resende**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Ex-Discente da graduação em Engenharia  
de Transportes  
Aparecida de Goiânia – Goiás

### **Carlos Eduardo Sanches de Andrade**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Docente das graduações em Engenharia  
de Transportes e Engenharia Civil  
Aparecida de Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2536969910869609>

### **Cintia Isabel de Campos**

Universidade Federal de Goiás -  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Docente da graduação em Engenharia de  
Transportes  
Aparecida de Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/5315960172655542>

**RESUMO:** Esse trabalho apresenta um estudo de caso sobre a possível substituição da frota de veículos movidos por combustíveis não renováveis do sistema BRT do Eixo Anhanguera da cidade de Goiânia, Goiás, Brasil, por veículos totalmente elétricos (não sendo aplicado para veículos híbridos). Para tal, foram levantados os possíveis ganhos ambientais e econômicos da aquisição e operação de veículos elétricos; apontados os fatores que impedem o avanço da implantação e possíveis tecnologias que vêm sendo

desenvolvidas para melhorar o cenário dos veículos elétricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Veículos elétricos. Ganhos ambientais. Ganhos econômicos. Operação de transportes de passageiros.

## ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS TO REPLACE THE BRT COMBUSTION FLEET IN THE METROPOLITAN REGION OF GOIÂNIA BY ELECTRIC VEHICLES

**ABSTRACT:** This work presents a case study on the possible replacement of the fleet of vehicles powered by non-renewable fuels of the BRT system of the Anhanguera Axis in the city of Goiânia, Goiás, Brazil, by fully electric vehicles (not being applied to hybrid vehicles). To this end, possible environmental and economic gains from the acquisition and operation of electric vehicles were raised; factors that impede the advancement of implementation and possible technologies that have been developed to improve the scenario of electric vehicles are pointed out.

**KEYWORDS:** Electric vehicles. Environmental gains. Economic gains. Passenger transport operation.

### 1 | INTRODUÇÃO

O transporte coletivo da região metropolitana de Goiânia é fornecido pela Rede Metropolitana de Transportes Coletivos (RMTTC), um grupo formado por cinco empresas de iniciativa privada, sendo elas: Rápido Araguaia Ltda., HP Transportes Coletivos Ltda., Viação Reunidas Ltda., Cooperativa de Transportes do Estado de Goiás (Cootego) e a estatal Metrobus Transporte Coletivo S.A. A Metrobus é responsável por operar a linha do BRT, que atravessa a cidade de Goiânia de Leste a Oeste, e fazer a ligação entre as cidades de Trindade, Senador Canedo e Goianira. O trecho percorrido na cidade de Goiânia conta com 5 terminais de integração para embarque e desembarque, com o sistema BRS da região metropolitana, e 19 estações de embarque e desembarque do sistema de BRT, como é possível verificar na Figura 1.



Figura 1: Trecho de BRS e BRT. (METROBUS, 2018, Adaptado)

A proporção de viagens por modalidades que se utilizam da queima de combustíveis

fósseis é bastante elevada no Brasil, sendo o setor de transportes, especialmente o rodoviário, um dos maiores responsáveis por emissões de gases poluentes (ANFAVEA, 2021). Assim, a eletrificação dos veículos rodoviários surge como uma opção relevante para ajudar a superar o problema da poluição atmosférica, visto que a maior parcela da energia elétrica brasileira é proveniente de fontes de energia limpas e renováveis (IEA, 2021).

Desse modo, este artigo tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade econômica e ambiental da substituição da frota do sistema BRT para veículos elétricos, na região metropolitana de Goiânia. Dessa maneira, o conteúdo desse artigo está estruturado em: Introdução; Contexto da energia renovável no Brasil e suas tecnologias; Aspectos econômicos e ambientais referentes à eletrificação de parte do transporte público coletivo de Goiânia e conclusões finais.

## 2 | CONTEXTUALIZAÇÃO DA ENERGIA NO BRASIL

O Brasil se destaca no cenário internacional de energia renovável, em virtude da sua riqueza natural, tendo elevado potencial de melhoria da sua matriz energética com usinas eólicas e fotovoltaicas. A Tabela 1 demonstra os valores em porcentagens por Tipo de matriz energética, onde é possível observar a predominância do tipo Hidráulica no Brasil, sendo quatro vezes o percentual observado para esse tipo no contexto mundial. Além disso, outras fontes limpas de energia, como a solar e eólica, aparecem na segunda posição de fonte de energia para o Brasil.

Tipo de Matriz	Mundo (%)	Brasil (%)
Petróleo	2,8	1,6
Gás Natural	23,5	8,3
Nuclear	10,2	2,2
Hidráulica	16,1	65,2
Biomassa	2,4	9,1
Solar, Eólica, Geotérmica, Maré	8,2	10,5
Carvão Mineral	36,8	3,1

**Tabela 1:** Tipo de matriz energética do Brasil em relação ao mundo

Fonte: Adaptado de IEA (2021)

Assim, em virtude da energia hidráulica se tratar de uma fonte de energia renovável, bem como da participação de outras fontes de energia renovável, o Brasil registra um cenário inverso ao contexto mundial, apresentando em sua matriz de geração de energia, 83% provenientes de fontes renováveis, enquanto no restante do mundo, esse percentual é de somente 27% (IEA, 2021).

Contudo, entre os desafios dessas tecnologias, tem-se a necessidade de armazenamento da energia excedente resultante da geração de eletricidade verde. Isso pois a energia solar só pode ser gerada durante o período diurno, e a movimentação de massa de ar não ocorre a todo momento, deixando ineficiente a geração eólica (IEA, 2021). Desse modo, faz-se necessário o armazenamento da energia gerada nos períodos úteis de geração, para posterior atendimento da demanda em momentos em que ela não é gerada.

As fontes de energias alternativas renováveis vêm numa crescente aceleração, motivadas em todos os países e no Brasil, principalmente por conta dos desastres ambientais produzidos pelas energias não renováveis como o petróleo, gás natural, combustíveis nucleares, etc.; e também como uma forma de combate ao aquecimento global. Dado a preocupação com o uso das energias não renováveis em relação aos impactos ambientais causados, justifica-se por vários fins a promoção de transformações na mobilidade urbana, especialmente ao considerar a expressiva participação dos transportes, em destaque o rodoviário, na emissão de gases poluentes.

O Brasil está cada vez mais focado em adaptar-se à utilização de sistemas de propulsão eficientes em energia, especialmente no transporte público local e no transporte municipal, para atender às suas exigências de redução de emissões. Contudo, é importante salientar que o mercado de veículos elétricos e híbridos ainda é pequeno e tem baixas projeções de crescimento no Brasil, uma vez que não há bases políticas, normativas e estruturas para o uso amplo de sistemas de propulsão eficiente em energia (FONTES, 2018).

Saragiotto (2021) aponta que mesmo diante desse cenário, é possível elencar situações potenciais que justificam o investimento em políticas públicas e o empenho de outros atores em participar da construção de um novo segmento econômico com base em mobilidade elétrica. A eletrificação de veículos também é um processo socialmente transformador que envolve a formação de técnicos para entender e ser capaz de usar veículos elétricos e híbridos. Esse fator precisa ser acompanhado de um aumento da frota, o que certamente acontecerá nos próximos anos.

Assim, considerando o cenário ambiental, onde há necessidade de reduzir a emissão de gases poluentes, sendo o modo rodoviário o principal poluente dentre os modos de transporte; mesmo em um cenário de crescimento lento da frota veicular elétrica, é imprescindível considerar a disponibilidade dessa energia, considerando fontes renováveis.

## **2.1 Confiabilidade na Rede de Distribuição**

De acordo com a ANEEL, no ano de 2021, a média brasileira obteve a segunda colocação de melhor resultado da série histórica, alcançando apenas 11,84h sem energia no período, quantidade de interrupções de 5,98% e disponibilidade do serviço de 99,86% (Brasil, 2022). No Estado de Goiás, a empresa com concessão para distribuição de energia elétrica é a Equatorial, sendo responsável por realizar manutenções preventivas, a

distribuição e a melhoria da rede elétrica na região.

A concessionária responsável por Goiânia até o ano de 2022, a ENEL, ficou na 27ª colocação no *ranking* das empresas que atendem mais de 400 mil unidades consumidoras com 1,23 pontos DGC (Desempenho Global de Continuidade), quanto menor o DGC melhor é a avaliação da empresa (BRASIL, 2022). A partir disso, é possível dizer que o serviço prestado pela empresa poderia atender uma possível demanda de mobilidade urbana. As baterias de veículos elétricos seriam carregadas conectando o mesmo a carregadores externos ou à rede de distribuição pública.

## 2.2 Tecnologias de armazenamento da energia renovável

O armazenamento de energia elétrica há muito é considerado uma tecnologia chave. Com o desenvolvimento de fontes de energia convencionais ou renováveis, os Sistemas de Armazenamento de Energia (SAEs) possuem um papel fundamental na unificação, distribuição e ampliação da capacidade dos sistemas de Geração Distribuída (GD) (Farret e Simões, 2006), podendo alterar o planejamento, operação e controle dos sistemas de energia elétrica (Dos Santos et al., 2020).

Nessa perspectiva, existem diferentes tecnologias de armazenamento, dentre as quais pode-se citar as baterias de íons de lítio, níquel hidreto metálico, e chumbo ácido; super capacitor, célula de combustível e *power paste*. Essas tecnologias de armazenamento serão destacadas, juntamente com a sua justificativa na utilização em veículos elétricos, na sequência desse texto.

- **Bateria Íons de Lítio:** O tipo mais comum de baterias usadas em veículos elétricos é a de íons de lítio. Essa bateria também é usada em eletrônicos portáteis, incluindo *smartphones* e computadores, e tem a capacidade de não sofrer do efeito da memória, ou seja, ela pode ser carregada quantas vezes for necessário sem ter sido totalmente descarregada e isso não compromete seu desempenho. Além disso, ela possui um grande desempenho em altas temperaturas e é uma das mais seguras dentre as opções. Esse tipo de bateria possui uma grande quantidade de materiais recicláveis, tornando-a como primeira opção para mobilidade verde no Brasil.
- **Bateria Níquel hidreto metálico:** As baterias de níquel-hidreto metálico são comumente utilizadas em veículos elétricos híbridos (HEVs, do inglês *Hybrid Electric Vehicles*), mas também são colocadas com sucesso em alguns veículos totalmente elétricos (BEVs, do inglês *Battery Electric Vehicle*). Os veículos elétricos híbridos não consomem energia de uma fonte externa, mas dependem de combustível e de um motor de combustão para recarregar suas baterias e, por esse fator, acabam não sendo considerados como um veículo elétrico. Essas baterias, diferente das de íons de lítio, possuem mais durabilidade. Entretanto, possui alguns problemas como, por exemplo, maior custo e geração de calor em temperaturas mais elevadas. Esses problemas torna inviável a utilização dessas baterias em veículos 100% elétricos, sendo mais utilizadas em veículos

híbridos.

- **Bateria chumbo-ácido:** As baterias de chumbo-ácido são atualmente usadas para fornecer cargas para acessórios dos veículos elétricos. Essas baterias possuem uma grande potência, são baratas e seguras. Porém, sua vida útil é curta e possui um baixo desempenho em baixas temperaturas.
- **Super capacitor:** Supercapacitores pode não ser considerado como uma bateria se comparado com às demais, mas sim um dispositivo de armazenamento de energia com baixa densidade e com menos recursos naturais. Dessa forma, elas possuem um armazenamento de energia menor, mas possuem maior capacidade de carga e descarga do que as baterias convencionais (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2022). Ao contrário das baterias comuns, que armazenam líquido entre eletrodos e um eletrólito, os supercapacitores são capacitores de alta capacidade que usam eletricidade estática para armazenar energia. Supercapacitores, como as baterias de chumbo-ácido, são usados principalmente como dispositivos de armazenamento secundário em veículos elétricos porque ajudam a equilibrar a carga das células eletroquímicas e não forçar muito a bateria principal. Além disso, eles podem fornecer energia adicional aos veículos elétricos durante a aceleração e a frenagem regenerativa (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2022).
- **Célula de Combustível:** O hidrogênio (um elemento químico abundante no planeta) realiza uma reação química com o oxigênio presente no ar atmosférico através das células de combustível, gerando energia elétrica e o subproduto sendo a água. O motivo que inviabiliza a utilização desse combustível é o elevado custo de produção do gás hidrogênio, o risco de transportar esse gás e o custo de instalação dos pontos de abastecimento. Uma das vantagens do uso das células de combustível é a liberação parcial de material conforme a necessidade energética da ação. O tempo de recarga é similar ao abastecimento de um veículo convencional (Gasolina, Etanol, Diesel ou GLP), levando alguns minutos para realizar o abastecimento do reservatório de alta pressão de hidrogênio.
- **Powerpaste:** é uma tecnologia desenvolvida recentemente pelos pesquisadores da *Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials* (IFAM). Consiste em uma pasta formada por magnésio e hidrogênio, materiais relativamente abundantes no planeta terra, gerando o hidreto de magnésio que, ao ser misturado com um éster e um sal metálico, resulta em uma substância pastosa de coloração cinza que pode ser armazenada em cápsulas e ser liberada gradativamente. O lado positivo dessa pasta, além da praticidade de trocar as cápsulas, é que apenas metade do hidrogênio é adicionado na pasta reduzindo o gasto energético para a sua fabricação; a outra parte do hidrogênio é derivada da água e possui uma capacidade energética maior do que os tanques de alta pressão de hidrogênio. Essa tecnologia ainda tem muito a ser desenvolvida e analisada quanto a sua viabilidade econômica e ambiental, pois para a produção da mesma é necessário uma elevada quantidade de energia. Além

disso, é necessário determinar o descarte de todos os possíveis derivados após a reação química.

### 3 I ASPECTOS ECONÔMICOS NA REALIZAÇÃO DA TROCA DE FROTA

Segundo o IPEA (2016), cerca de 85% da população brasileira vive em centros urbanos, sendo que somente 36 cidades possuem mais de meio milhão de habitantes, além de 40 regiões metropolitanas consolidadas, nas quais vivem mais de 80 milhões de pessoas. A frota do Eixo-Anhanguera, no ano 2020 contava com uma frota patrimonial composta por 134 ônibus, sendo 105 articulados e 29 biarticulados, de acordo com a MetroBus (2020).

Considerando que os ônibus articulados têm uma capacidade para transportar 120 passageiros e os biarticulados têm capacidade para 200, faz-se então a seguinte somatória:

$$(120 \times 105) + (29 \times 200) = 18.400 \text{ capacidade de passageiros total da frota}$$

Sabendo-se o número de passageiros, faz-se necessário conhecer as especificações do veículo quanto a sua capacidade e produtividade. A ficha técnica do veículo elétrico Marcopolo Active Express, apresentada no catálogo da empresa, é dada abaixo:

- Preço: R\$ 3.420.000;
- Chassi: tubular, aço, 168 passageiros;
- Motor: 4 elétricos, síncrono de ímãs permanentes, 201 cv e 56 kgfm cada um;
- Baterias: LiFePO<sub>4</sub>, 553 kWh 380 V; carga 2-3h;
- Câmbio: automático, 2 marchas (frente e ré), redução 1:22;
- Dimensões: comprimento, 21,3 m; largura, 2,32 m; altura, 2,53 m; entre-eixos, 5,7 m, 8 m, 1,5 m; balanço, 2,59 m (dianteiro), 3,53 m (traseiro); Peso Bruto Total, 41 toneladas.

Para a substituição da frota registrada em 2022 no sistema BRT da rede metropolitana de Goiânia do Eixo-Anhanguera, seriam necessários, no mínimo, 110 veículo do modelo Marcopolo Active Express que, de acordo com a montadora, tem capacidade para transportar 168 passageiros. Vale ressaltar que até Agosto de 2022 esse era o único modelo articulado elétrico disponível no mercado.

O custo para aquisição desse modelo, em Setembro de 2021, era em torno de R\$ R\$ 3.420.000,00. Com a correção monetária dos valores para Julho de 2022, esse montante sobe para, aproximadamente, R\$ 3.739.806,00. A Tabela 2 apresenta a correção monetária realizada pelo sistema do Banco Central do Brasil. Logo, para a substituição total da frota, seriam necessários R\$ 411.378.330,00, valor referente à compra integral do veículo, desconsiderando os demais fatores (frete, impostos, entre outros).

Dados básicos da correção pelo IGP-M (FGV)	Dados informados
Data inicial	9/2021*
Data final	7/2022*
Valor nominal	R\$ 3.420.000,00*
	Dados calculados
Índice de correção no período	1,09351040
Valor percentual correspondente	9,351040%
Valor corrigido na data final	R\$ 3.739.805,57 (Real)

\*dados inseridos pelos autores

**Tabela 2:** Correção monetária realizada pelo sistema do Banco Central do Brasil.

Fonte: Banco Central do Brasil (2022)

As vantagens da substituição da frota poderiam ser discutidas por meio da sequência de cálculos realizados através da calculadora de consumo para veículos elétricos. Eles expõem de maneira clara os impactos positivos da substituição da frota atual para veículos elétricos. Considerando a autonomia de um ônibus articulado comum 3 km por litro de Diesel; valores do Diesel R\$ 7,69; valores fornecidos na ficha técnica do Marcopolo Attive Express com autonomia de 250 km; e uma capacidade 553 kw/h de bateria, além de considerar o preço do kw/h a R\$ 0,63 (bandeira verde) em Agosto de 2022, tem-se as seguintes considerações, apresentadas na Tabela 3:

Característica	Valor
Itinerário	14 horas e 30 minutos;
Viagens	12 viagens
Tempo de viagem (ida e volta)	80 minutos
Horas diárias	16 horas
Horas mensais	480 horas
Horas anuais	5.760 horas
Quilômetros diários	336 km
Quilômetros anuais	120.960 km
Valor pago com combustível diário	R\$ 861,28
Valor mensal com combustível mensal	R\$ 25.838,40*
Valor anual	R\$ 310.060,80*

\*sem considerar reajuste do valor do combustível.

**Tabela 3:** Dados de consumo.

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando as 12 viagens percorreria-se 336 km, dessa forma aplicando um

simples cálculo de proporcionalidade o veículo precisaria de 78,4% de sua carga total para realizar 7 viagens. Portanto, para percorrer suas 12 viagens que totalizam 336 km, o veículo precisa de 743,23 kw/h. Logo, para realizar esse trajeto, serão necessários R\$ 468,23.

Sem reajuste das tarifas de energia, o veículo elétrico necessita de R\$ 14.047,08 para se manter em funcionamento por um período de 30 dias e R\$ 168.565,00 por ano, sem mudança da bandeira. Já os veículos à combustão necessitam de R\$ 26.000,00 para operar mensalmente e R\$ 316.260,00 anuais, sem reajuste no preço dos combustíveis. A Figura 2 abaixo demonstra as conversões e comparações realizadas por uma calculadora de simulação de consumo de veículos elétricos (ESALQ, 2022).

-	CONVENCIONAL	ELÉTRICO	DIFERENÇA
<b>100KM</b>			
CUSTO ENERGÉTICO R\$	261,46	139,36	122,1
<b>MENSAL</b>			
CUSTO ENERGÉTICO R\$*1000	26	14	12
<b>ANUAL</b>			
CUSTO ENERGÉTICO R\$*1000	316,26	168,57	147,69
CARBONO LIBERTADO (KG)	0	0	0
<b>10 ANOS</b>			
CUSTO ENERGÉTICO R\$*1000	3163	1686	1477
CARBONO LIBERTADO (KG)	0	0	0

**Figura 2:** Resultado das comparações entre veículos.

Fonte: ESALQ (2022)

#### 4 | ASPECTOS AMBIENTAIS NA REALIZAÇÃO DA TROCA DE FROTA

Segundo a Resolução CONAMA N. 001, publicada em 23 de janeiro de 1986, define-se impacto ambiental como:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, podendo afetar de maneira indireta ou direta a: a saúde; a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1986, N° 01, p. 01).

Deste modo, nas últimas décadas, houve necessidade de expor as consequências dos impactos ambientais para a sociedade e, através disso, buscar formas para solucioná-los. Nesse contexto, o ônibus elétrico surge como a solução consciente para os problemas ambientais relacionados à mobilidade. Com isso, urge abordar alguns tópicos ambientais paralelos à substituição da frota atual por ônibus elétricos, entre eles: Poluição sonora; Pegada de carbono; Emissão de gases poluentes.

Uma das características dos motores elétricos se dá pela ausência de ruídos. Motores convencionais apresentam um conjunto de componentes metálicos que permitem a queima

do combustível. O atrito entre essas peças, contudo, geram ruídos como, por exemplo, os pistões do motor, que quando se movimentam dentro do cilindro, estão sujeitos ao atrito provocado pelo contato com as demais peças do motor. A simplicidade e compactação dos motores elétricos, tornam-no menos emissor de ruídos. Porém, a não existência de ruídos geram fatores de riscos para a segurança viária, uma vez que a percepção do pedestre é afetada drasticamente por essa ausência de som, podendo ser causa de acidentes (POLETO, 2021).

No âmbito da Pegada de Carbono, o ônibus elétricos dividem opiniões quanto às emissões de gases poluentes. Por não existir um processo de queima de combustível, muitas vezes, os veículos elétricos ganham a fama de 100% limpos, fato esse que não condiz com a realidade; isso pois o processo de fabricação desses veículos é altamente poluente, principalmente na fabricação de baterias. Em um de seus aforismos o doutor em Bioenergia Marcelo Gauto classifica a extração de minérios presentes na bateria como altamente poluente: “A mineração desses insumos demanda muitos recursos naturais e é intensiva em emissão de carbono” (GAUTO, 2021).

## 5 | CONCLUSÃO

O custo de aquisição dos veículos, a falta de mão de obra qualificada, tempo de espera necessário para a recarga das baterias, reciclagem total das baterias são pontos que impedem o avanço e implementação do veículo elétrico para o TPUC em Goiânia. Contudo, o ônibus elétrico se torna mais vantajoso quando comparado ao ônibus à combustão, de modo que a economia anual, desconsiderando os reajustes no preço do combustível e da eletricidade, podem ultrapassar os R\$ 147.690,00.

Para além disso, os custos de manutenção de um veículo elétrico são consideravelmente menores comparados aos à combustão, por não terem a mesma quantidade de componentes do motor convencional movido à diesel. Vale ressaltar que, outros fatores também corroboram com a ideia de substituição da frota, entre eles, no âmbito ambiental; o trabalho em questão não abordou matematicamente, de maneira detalhada, alguns fatores como: Pegada de carbono; Emissão de gases poluentes; Poluição sonora; mas é possível apontar que os veículos elétricos são comprovadamente menos poluentes.

À medida que a tecnologia amadurece, espera-se que os preços tendam a cair, a incerteza diminua e a experiência operacional evolua. Até lá, porém, serão necessários novos arranjos para viabilizar a transição para transportes públicos limpos. Aquisição de ônibus, com subsídios federais e locais, aumento da oferta de veículos e baterias e compras conjuntas faz-se necessário. Além de novos arranjos de financiamento, novos projetos de contrato precisam ser considerados para alocar adequadamente os riscos e garantir que os riscos técnicos sejam alocados àqueles que estão mais aptos a assumi-los.

## REFERÊNCIAS

ANFAVEA (2021). O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil. 21 de agosto de 2021. Disponível em: [https://anfavea.com.br/docs/APRESENTA%C3%87%C3%83O\\_ANFAVEA\\_E\\_BCG.pdf](https://anfavea.com.br/docs/APRESENTA%C3%87%C3%83O_ANFAVEA_E_BCG.pdf). Acesso em: 27 jun. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (2022) Calculadora de correção monetária. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores> Acesso em 14 ago. 2022.

BRASIL (2022). Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL divulga desempenho e ranking das distribuidoras sobre fornecimento de energia em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aneel-divulga-desempenho-e-ranking-das-distribuidoras-sobre-fornecimento-de-energia-em-2021>. Acesso em: 14 ago. 2022.

CONAMA (1986). Resolução CONAMA N° 01, de 23/01/1986. Dispõe sobre níveis excessivos de ruído, incluídos os sujeitos ao controle da poluição de meio ambiente. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508> Acesso em: 14 ago. 2022.

DOS SANTOS, F. C.; DIAS, I. A.; BINOTTO, J. M.; OTTO, R. B. (2020). Contextualização dos Sistemas de Armazenamento no Cenário Elétrico Brasileiro. Tecnologias de Armazenamento de Energia Aplicadas ao Setor Elétrico Brasileiro, p. 45, 2020.

ESALQ (2022). Como compensar suas emissões no transporte do dia a dia. Laboratório de Silvicultura Tropical. Disponível em: [https://esalqlastrop.com.br/capa.asp?pi=calculadora\\_emissoes](https://esalqlastrop.com.br/capa.asp?pi=calculadora_emissoes) Acesso em 12 ago. 2022

FARRET, F.A.; SIMÕES, M.G. (2006), Integration of Alternative Sources of Energy. John Wiley & Sons. University of Michigan. 504 p.

FONTES, F. A. de S. (2018). Sistematização de Iniciativas de Mobilidade Elétrica no Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.promobe.com.br/library/sistematizacao-deiniciativas-de-mobilidade-eletrica-no-brasil/>. Acesso em 12 ago. 2022.

GAUTO, M. (2021). Ao contrário do que pode parecer, veículos elétricos também emitem gases de efeito estufa. 2021. Disponível em: <https://www.energiaquefalacomvoce.com.br/2021/10/26/fns-veiculos-eletricos-tambem-emitem-gases-de-efeito-estufa/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

IEA (2021), International Energy Agency. Global Energy Review 2021.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (2022). Supercapacitores aproximam-se das baterias usando eletrólitos alternativos. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=supercapacitores-aproximam-baterias-eletrolitos-alternativos&id=020115220621>. Acesso em 12 ago. 2022.

IPEA (2016) Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Desafios da mobilidade urbana no Brasil, 2016. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td\\_2198.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf). Acesso em 11 ago. 2022.

METROBUS (2020). Nossa frota. Disponível em: <https://www.metrobus.go.gov.br/eixo-anhanguera/frota.html>. Acesso em 27 jun. 2023.

Poleto, C; Cristhiane Michiko Passos Okawa; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves (Organizadores) (2021). Anais do 6º SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS – Volume 4 – Sustentabilidade – Toledo, PR: Editora GFM, 2021.

SARAGIOTTO, D. (2021). Infraestrutura para carros elétricos e híbridos cresce no País. 2021. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/infraestruturapara-carros-eletricos-e-hibridos-cresce-no-pais/>>. Acesso em 12 ago. 2022.