

## **Cidades Inteligentes: A Transição Energética para Veículos Elétricos na Construção de Cidades Verdes**

*Smart Cities: The Energy Transition to Electric Vehicles in the Construction of Green  
Cities*

*Smart Cities: La Transición Energética hacia Vehículos Eléctricos en la Construcción de  
Ciudades Verdes*

**Luciano Eduardo Caciato**

Doutorando, UNICAMP, Brasil  
luciano@unicamp.br

**Leonardo de Souza Mendes**

Professor Doutor, UNICAMP, Brasil  
lmendes@unicamp.br

## RESUMO

O rápido crescimento urbano tem desafiado as cidades globalmente, levando à necessidade de desenvolver soluções sustentáveis para enfrentar problemas ambientais, sociais e econômicos. A construção de cidades sustentáveis tornou-se crucial no século XXI, com uma crescente demanda por abordagens inovadoras de planejamento urbano. As cidades verdes representam uma dessas abordagens, concentrando-se na criação de ambientes urbanos sustentáveis, preservando recursos naturais, promovendo eficiência e priorizando a qualidade de vida dos habitantes. Integradas dentro do conceito mais amplo de cidades inteligentes, as cidades verdes enfatizam a sustentabilidade ambiental como um pilar essencial do planejamento urbano inteligente. Uma das principais iniciativas dentro desse contexto é a transição para a mobilidade elétrica, substituindo veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos. Essa transição é crucial para reduzir emissões de gases de efeito estufa, melhorar a qualidade do ar e diminuir a dependência de combustíveis fósseis. As cidades inteligentes incorporam a mobilidade elétrica em suas estratégias, implementando infraestrutura de recarga e promovendo políticas de incentivo para veículos elétricos. Além de reduzir a poluição do ar, a integração de veículos elétricos nas cidades inteligentes busca criar oportunidades econômicas, empregos e melhorar a eficiência energética. Este artigo explora como a transição energética para veículos elétricos pode ser integrada nas estratégias de cidades inteligentes, promovendo assim a construção de cidades verdes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cidades Verdes, Cidades Inteligentes, Veículos Elétricos, Transição Energética e Sustentabilidade

## SUMMARY

*The rapid urban growth has challenged cities globally, leading to the need to develop sustainable solutions to address environmental, social, and economic issues. The construction of sustainable cities has become crucial in the 21st century, with a growing demand for innovative approaches to urban planning. Green cities represent one of these approaches, focusing on creating sustainable urban environments, preserving natural resources, promoting efficiency, and prioritizing the quality of life of residents. Integrated within the broader concept of smart cities, green cities emphasize environmental sustainability as an essential pillar of smart urban planning. One of the key initiatives within this context is the transition to electric mobility, replacing fossil fuel-powered vehicles with electric ones. This transition is crucial for reducing greenhouse gas emissions, improving air quality, and decreasing dependence on fossil fuels. Smart cities incorporate electric mobility into their strategies by implementing charging infrastructure and promoting incentive policies for electric vehicles. In addition to reducing air pollution, the integration of electric vehicles into smart cities seeks to create economic opportunities, jobs, and improve energy efficiency. This article explores how the energy transition to electric vehicles can be integrated into smart city strategies, thus promoting the construction of green cities.*

**KEYWORDS:** Green Cities, Smart Cities, Electric Vehicles, Energy Transition and Sustainability

## RESUMEN

*El rápido crecimiento urbano ha desafiado a las ciudades a nivel mundial, lo que lleva a la necesidad de desarrollar soluciones sostenibles para abordar problemas ambientales, sociales y económicos. La construcción de ciudades sostenibles se ha vuelto crucial en el siglo XXI, con una creciente demanda de enfoques innovadores para la planificación urbana. Las ciudades verdes representan uno de estos enfoques, centrándose en la creación de entornos urbanos sostenibles, preservando los recursos naturales, promoviendo la eficiencia y priorizando la calidad de vida de los residentes. Integradas dentro del concepto más amplio de ciudades inteligentes, las ciudades verdes enfatizan la sostenibilidad ambiental como un pilar esencial de la planificación urbana inteligente. Una de las iniciativas clave dentro de este contexto es la transición a la movilidad eléctrica, reemplazando los vehículos impulsados por combustibles fósiles por vehículos eléctricos. Esta transición es crucial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad del aire y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Las ciudades inteligentes incorporan la movilidad eléctrica en sus estrategias mediante la implementación de infraestructura de carga y la promoción de políticas de incentivos para los vehículos eléctricos. Además de reducir la contaminación del aire, la integración de vehículos eléctricos en las ciudades inteligentes busca crear oportunidades económicas, empleos y mejorar la eficiencia energética. Este artículo explora cómo la transición energética hacia los vehículos eléctricos puede integrarse en las estrategias de las ciudades inteligentes, promoviendo así la construcción de ciudades verdes.*

**PALABRAS CLAVE:** Cidades Verdes, Cidades Inteligentes, Vehículos Eléctricos, Transición Energética y Sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento urbano tem gerado desafios ambientais, sociais e econômicos significativos para as cidades em todo o mundo, e a construção de cidades sustentáveis é uma questão crítica no século XXI, onde têm aumentado a demanda por soluções sustentáveis para as cidades.

As cidades verdes são uma abordagem inovadora para o planejamento urbano que visa criar ambientes urbanos sustentáveis, onde os recursos naturais são preservados e utilizados de forma eficiente, e onde a qualidade de vida dos habitantes é priorizada. Essas cidades são projetadas para minimizar o impacto ambiental e maximizar a sustentabilidade em várias áreas, incluindo energia, transporte, construção e gestão de resíduos.

As cidades verdes são um componente essencial dentro do contexto mais amplo das cidades inteligentes, que buscam utilizar tecnologia e inovação para melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, promovendo o desenvolvimento sustentável e otimizando o funcionamento dos serviços públicos. Dentro dessa abordagem, as cidades verdes enfatizam especificamente a sustentabilidade ambiental como um dos pilares fundamentais do planejamento urbano inteligente.

Ao integrar os princípios das cidades verdes às iniciativas de cidades inteligentes, os governos municipais, organizações e iniciativas privadas podem criar ambientes urbanos mais eficientes, resilientes e saudáveis.

Uma das principais iniciativas no desenvolvimento de cidades verdes é a transição para a mobilidade elétrica, substituindo veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos. Os veículos elétricos oferecem uma alternativa promissora, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes do ar, bem como diminuindo a dependência dos combustíveis fósseis.

As cidades inteligentes incorporam a mobilidade elétrica como parte integrante de suas estratégias, implementando infraestrutura de recarga de veículos elétricos, promovendo políticas de incentivo e desenvolvendo sistemas de transporte público elétrico. A integração de veículos elétricos nas cidades inteligentes pretende reduzir a poluição do ar e também proporcionar a criação de novas oportunidades de negócios, empregos e melhorias na eficiência energética.

Neste artigo examinaremos como a transição energética de combustíveis fósseis para fontes de energias limpas com os veículos elétricos, podem ser integradas nas estratégias de cidades inteligentes e assim promover a construção de cidades verdes.

## 2 OBJETIVO

Explorar estratégias e abordagens para a construção de uma cidade verde no contexto das cidades inteligentes, com foco no emprego de veículos elétricos como meio eficaz para redução das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) promovendo a transição energética de forma mais eficiente.

## 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa utilizada neste artigo envolve a revisão sistemática da literatura, com a identificação, seleção e análise de estudos relevantes sobre o tema.

A pesquisa está fundamentada na criação de uma cidade verde no contexto das cidades inteligentes com a utilização dos veículos elétricos na tentativa de transformar as

idades para serem mais sustentáveis e humanas.

A abordagem multidisciplinar permite uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades associados à construção de cidades verdes, bem como das melhores práticas para promover o desenvolvimento urbano sustentável.

A revisão da literatura foi feita por meio de pesquisas em bases de dados acadêmicas, como Research Gate, Google Scholar, MDPI e Web of Science, utilizando termos de busca relevantes, como "cidades inteligentes", "veículos elétricos", "transição energética" e "desenvolvimento sustentável".

Foram selecionados estudos que abordavam a interseção entre esses temas fornecendo oportunidades e desafios na adoção de veículos elétricos em um contexto urbano.

## **4 REVISÃO DA LITERATURA**

Para um melhor entendimento de nossa discussão, abordaremos nessa seção os conceitos importantes sobre cidades verdes, cidades inteligentes, veículos elétricos dentre outros.

### **4.1 Cidades Verdes**

Construir uma cidade verde é mais do que apenas erguer edifícios com eficiência energética ou plantar árvores em suas ruas. Envolve a criação de um ambiente urbano sustentável que integra harmoniosamente os princípios da conservação ambiental, eficiência energética, resiliência climática, equidade social e prosperidade econômica.

E para isso, precisamos de um planejamento cuidadoso do layout da cidade, priorizando o transporte público, o uso eficiente do espaço e a preservação de áreas verdes e zonas naturais, incorporando a utilização de tecnologias e práticas que reduzem o consumo de energia dos edifícios e das infraestruturas urbanas, além de promover o uso de fontes de energia renováveis, como solar, eólica e hidrelétrica.

As Cidades Verdes são espaços urbanos que buscam a sustentabilidade, projetados com respeito ao meio ambiente, a atuação economicamente viável e socialmente justa. O conceito de Cidades Verdes engloba os pilares da sustentabilidade, onde recursos ambientais, sociais e econômicos devem ser preservados para não prejudicar as futuras gerações. Assim, as cidades seriam capazes de suportar as atividades exercidas e ao mesmo tempo manter a qualidade de vida dos habitantes.

Essas cidades são locais onde as pessoas querem viver e trabalhar, agora e no futuro. Elas atendem as necessidades dos residentes, integram-se bem ao meio ambiente e contribuem com uma elevada qualidade de vida. Para atingir essas características, é necessário a implementação de segurança, inclusão, bom planejamento, igualdade e serviços para todos (HADJICHAMBIS et al., 2022).

### **4.2 Transição Energética**

A transição energética é um conceito que se refere às mudanças estruturais nas matrizes energéticas dos países. Essa transição envolve a migração de um modelo predominantemente baseado em combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, para uma matriz cada vez mais voltada na geração de energia por fontes renováveis, como solar, eólica, de biomassa, geotérmica e até mesmo nuclear (BONA, 2020).

Essa transição não se limita apenas à geração de energia, mas também abrange o consumo e o reaproveitamento dela. O conceito de transição energética se estende para o meio ambiente, gestão de resíduos, eficiência energética, digitalização e outros meios necessários para que seja atingido o objetivo comum de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e as suas conseqüentes influências nas mudanças climáticas.

Além disso, a transição energética tem sido apontada como um dos grandes pilares para o crescimento econômico e social dos países, de forma justa e inclusiva (LAMPIS et al., 2021).

### 4.3 O Meio ambiente e as energias limpas e renováveis

O meio ambiente desempenha um papel vital na sustentabilidade e na qualidade de vida das pessoas que vivem na cidade. Esse sistema complexo e interconectado inclui todos os seres vivos, a atmosfera, a água, o solo e outros recursos naturais. Ele é um conjunto de elementos, processos e dinâmicas biológicos, físicos e químicos (GUITARRARA, 2024) que criam condições para a sobrevivência das pessoas e por isso em nosso debate se torna extremamente importante para garantir a qualidade de vida das pessoas no presente e no futuro.

As energias limpas e renováveis são aquelas que se regeneram constantemente, como o vento, luz solar, poder geotérmico e a água. Elas têm um impacto ambiental mínimo em comparação com as fontes de energia não renováveis, como carvão, petróleo e gás. Podemos dizer que a energia limpa é produzida por métodos que não liberam gases de efeito estufa ou quaisquer outros poluentes.

A economia global dependente de combustíveis fósseis e com o aumento das emissões de gás de efeito estufa, que estão criando atualmente drásticas mudanças no clima, o que impacta diretamente em todos os continentes. Por isso, garantir o acesso universal à energia significa investir em fontes de energia limpa, como a energia solar e eólica.

Embora as fontes de energia renováveis como a biomassa, energia solar fotovoltaica e eólica produzam níveis relativamente baixos de emissões de GEE, existem outros impactos inerentes aos aspectos biológicos e sociais que devem ser constantemente discutidos e estudados de forma profunda, principalmente na fase de fabricação, para adequar o processo de expansão dessas fontes renováveis a uma produção efetivamente limpa (SALGADO, et al., 2017).

### 4.4 Os veículos elétricos

Existem hoje vários tipos de veículos que foram projetados para reduzir a emissão de GEE como os elétricos com baterias, os híbridos, que utilizam eletricidade, gasolina e etanol em seu funcionamento e os movidos a hidrogênio. Porém para nosso artigo o foco será entendermos as diferenças entre os veículos a combustão com utilização de combustíveis fósseis e a bateria com a utilização dos veículos elétricos conforme explicado a seguir:

**4.4.1 Veículos movidos a combustão interna (ICEVs) ou Veículos convencionais:** São veículos comercializados com motor a combustão interna (MCI) de ciclo Otto. Abrange os veículos que rodam apenas com gasolina ou etanol e veículos dotados de tecnologia *flex fuel* que funcionam com gasolina e etanol simultaneamente.

Um motor de combustão interna de ciclo Otto é um tipo de motor de quatro tempos usado em veículos automotores. Segue o ciclo termodinâmico proposto por Nikolaus Otto, que

envolve quatro etapas: admissão, compressão, combustão/expansão e exaustão. Durante o ciclo, o ar é admitido e comprimido no cilindro, em seguida, o combustível é inflamado por uma faísca, resultando na expansão dos gases e movimentando o pistão. Por fim, os gases de escape são liberados (HEYWOOD, 2018).

**4.4.2 Veículo elétrico à bateria (Battery Electric Vehicle - BEVs):** São veículos baseados em um único motor elétrico. O veículo é alimentado por uma bateria, que pode ser recarregada na rede elétrica local ou através do sistema de frenagem regenerativa, que aproveita a energia liberada durante as frenagens. Ao acionar o veículo, a eletricidade armazenada nas baterias é enviada para o motor elétrico, que converte essa energia elétrica em energia mecânica para impulsionar o veículo (CHRISPIM et al., 2019).

## 4.5 Cidades Inteligentes

As cidades inteligentes estão cada vez mais sendo projetadas e implementadas com foco renovado para a sustentabilidade. Essa abordagem nos mostra a interdependência entre o desenvolvimento urbano e o meio ambiente, buscando integrar tecnologias inovadoras e práticas sustentáveis para promover um crescimento urbano equitativo e ambientalmente responsável.

Um aspecto fundamental das cidades inteligentes é a adoção de tecnologias de informação e comunicação (TIC) para otimizar a gestão de recursos, reduzir o consumo de energia, minimizar as emissões de carbono e melhorar a eficiência dos serviços urbanos. Por exemplo, sistemas de monitoramento ambiental em tempo real podem ajudar a detectar e mitigar a poluição do ar e da água, enquanto a implementação de redes inteligentes de energia permite uma distribuição mais eficiente da eletricidade, reduzindo o desperdício e as emissões de gases de efeito estufa (PORTO et al., 2020).

Além disso, as cidades inteligentes estão promovendo a mobilidade sustentável, incentivando o uso de transporte público, compartilhamento de carros, bicicletas e outras formas de transporte não motorizado. Isso não apenas reduz a emissão de poluentes e o congestionamento do tráfego, mas também melhora a saúde pública e a qualidade do ar.

### 4.5. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pelas Nações Unidas (ONU)

Para proporcionarmos a melhor qualidade de vida das pessoas nas cidades, no contexto das cidades inteligentes, é importante estarmos alinhados aos objetivos do desenvolvimento sustentável, realizando ações que protejam o meio ambiente e o clima. Na nossa discussão os objetivos que mais se aproximam são os ODS 7, 11 e 13, conforme a seguir:

**4.6.1 ODS 7 - Energia Limpa e Acessível:** pretende-se assegurar o acesso confiável, sustentável e moderno das fontes de energia. Essas fontes de energia devem ser renováveis e limpas, como também, empregar tecnologias e serviços de energia eficiente. Sugere-se ainda, a promoção do desenvolvimento de infraestrutura de energia para as áreas remotas e carentes, apoiando o crescimento econômico e o bem-estar social.

**4.6.2 ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis:** pretende-se garantir os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis até 2030. Isso envolve garantir o acesso igualitário para espaços públicos seguros, transporte sustentável e moradia adequada.

**4.6.3 ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima:** visa tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos. Substituir a geração de energia baseada em combustível fóssil por energia renovável para a redução significativa das emissões de gases de efeito estufa, um dos fatores importante no combate ao aquecimento global (DIAS, 2024).

Agora com um maior entendimento dos conceitos mais importantes sobre a nossa discussão, podemos analisar os resultados das pesquisas trazidas por este artigo.

## 5 RESULTADOS

Nesta seção examinaremos como os veículos elétricos podem contribuir para a construção de uma cidade verde e sustentável, integrada ao contexto das cidades inteligentes, portanto os resultados esperados a seguir têm como objetivo atender os conceitos das cidades inteligentes. Com estes requisitos realizamos diversas pesquisas na literatura procurando alternativas que atendessem a premissa, em especial para melhorar a qualidade de vida das pessoas através diminuição dos gases nocivos, ou seja, quanto menor a emissão de gases poluentes, melhor a qualidade de vida nas cidades hoje e no futuro.

A transição energética de combustíveis fósseis para energia elétrica é um aspecto importante para a construção de cidades verdes. Os combustíveis fósseis, como o petróleo e o gás natural, são recursos não renováveis que contribuem para as mudanças climáticas e a poluição do ar. A energia elétrica, por outro lado, pode ser gerada a partir de fontes renováveis, como o sol e o vento, sendo mais eficiente e limpa (JACOBSON et al., 2018).

Os veículos elétricos são componentes essenciais para a construção de cidades inteligentes verdes, onde a tecnologia é empregada para promover a sustentabilidade e a eficiência urbana. É importante destacar que a utilização dos veículos elétricos está alinhada com os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU como o ODS 7 - Energia Limpa e Acessível, o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis e o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima. Essas iniciativas contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, o aumento da eficiência energética e a promoção de sistemas de transporte mais inclusivos e sustentáveis.

Para garantirmos que a adoção dos veículos elétricos estão no caminho certo para a construção das cidades verdes no contexto das cidades inteligentes, avaliamos duas fontes de pesquisa distintas sendo a primeira com o título “Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no brasil” (MERA, 2023) e a segunda com o título “Comparativo de emissões de CO<sub>2</sub> confirma vantagens do etanol para uma mobilidade mais sustentável” (BRIER; BARALDI, 2023) com os seguintes resultados:

**1ª Fonte de Pesquisa:** Foi comprovado que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no seu ciclo de vida na matriz elétrica é de 65% a 67% mais baixas que os veículos movidos a combustão interna (ICEVs).

As emissões de GEE <sup>1</sup>do ciclo de vida dos ICEVs<sup>2</sup> flex que operam com o consumo médio de gasolina C e etanol hidratado são de 155 g CO<sub>2 eq.</sub>/km, para carros dos segmentos compacto e médio, é 181 g CO<sub>2 eq.</sub>/km para SUVs compactos. No caso dos BEVs<sup>3</sup>, as emissões de GEE do ciclo de vida são 65% a 67% menores, com 55 g CO<sub>2 eq.</sub>/km para carros compactos, 52 g CO<sub>2 eq.</sub>/km para carros médios e 59 g CO<sub>2 eq.</sub>/km para SUVs compactos. As emissões mais baixas de GEE dos BEVs devem-se a dois

1GEE – Gases de Efeito Estufa.

2 ICEVs - Veículos movidos a combustão interna.

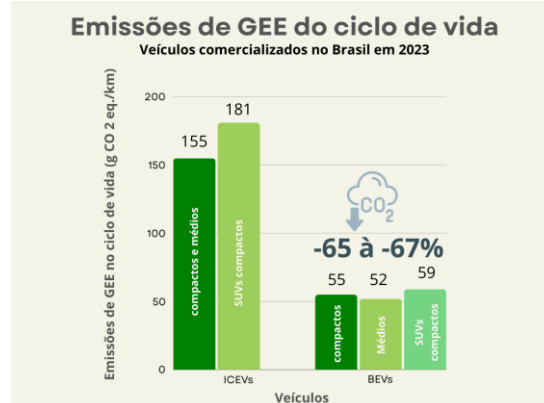
3 BEVs – Veículos Elétricos a Bateria (battery electric vehicles).



fatores. Primeiro, o consumo de energia dos BEVs (0,7–0,8 MJ/km) é cerca de três vezes menor que o dos ICEVs comparáveis (2,0–2,3 MJ/km). Segundo, as emissões no ciclo da energia de carros elétricos que utilizam a matriz elétrica do Brasil são quase três vezes menores do que as dos ICEVs flex que operam com a média de mercado de gasolina C e etanol hidratado, ao longo de sua vida útil. Enquanto a matriz elétrica de 2023–2044 tem emissões de GEE do ciclo de vida de 23,1 g CO<sub>2</sub> eq./MJ (83,1 g CO<sub>2</sub> eq./kWh), a intensidade de carbono média dos combustíveis de 2023–2044 é de 66,6 g CO<sub>2</sub> eq./MJ.

As emissões de GEE correspondentes à produção da bateria (9,5–15,3 g CO<sub>2</sub> eq./km) são pequenas quando comparadas ao grande benefício do uso de BEVs em termos de emissão de GEE. Com uma substituição de bateria durante a vida útil do veículo, as emissões de GEE do ciclo de vida dos BEVs aumentariam para 67 g CO<sub>2</sub> eq./km para carros compactos, 62 g CO<sub>2</sub> eq./km para carros médios e 75 g CO<sub>2</sub> eq./km para SUVs compactos. Esses valores ainda são 57% a 60% mais baixos que o dos ICEVs flex. (MERA, 2023, p.19)

Figura 1 – Emissões de Veículos à Combustão e Elétricos



Fonte: Autoria Própria, 2024

**2ª Fonte de Pesquisa:** Foram analisadas quatro fontes de distintas de energia e foram medidas a emissão total de Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, sendo os resultados promissores aos veículos elétricos.

[...]O automóvel foi abastecido com etanol e comparado em tempo real com a mesma situação de rodagem em três alternativas simuladas: com gasolina tipo C (E27); 100% elétrico (BEV), abastecido na matriz energética brasileira, e 100% elétrico (BEV) abastecido na matriz energética europeia. Na comparação, foram utilizadas uma combinação da metodologia de cálculo e simulação da Stellantis com a tecnologia de conectividade desenvolvidas pela Bosch, que consideram não apenas a emissão de CO<sub>2</sub> associada à propulsão do veículo durante o uso, mas as emissões correspondentes à produção do combustível ou geração da energia utilizada, considerando o ciclo de vida do veículo. Nesta metodologia de análise está incluído o conceito do "berço ao túmulo"<sup>4</sup>, que considera o ciclo de vida completo do automóvel.

Durante o teste comparativo realizado, o veículo percorreu 240,49 km e foram obtidos os seguintes resultados de emissões de CO<sub>2</sub>, via simulação, durante o trajeto:

<sup>4</sup> "Berço ao Túmulo", significa que os produtos são criados com o seu tempo de vida pré-determinado e não existe o reaproveitamento total das peças.



Quadro 1- Emissões de CO<sub>2</sub>

Resultados de emissões de CO <sub>2</sub> (Simulação do Trajeto)	kg CO <sub>2</sub> eq
Gasolina (E27)	60,64
100% elétrico (BEV) (energia europeia)	30,41
Etanol (E100)	25,79
100% elétrico (BEV) (energia brasileira)	21,45

Fonte: Autoria Própria, 2024

Os resultados comprovam as vantagens comparativas da matriz energética brasileira, principalmente a importância dos biocombustíveis para uma mobilidade mais sustentável”, analisou Antonio Filosa, presidente da Stellantis para a América do Sul. Quando considerado o saldo total de emissões de todo o ciclo, o veículo movido a etanol apresenta vantagens inclusive em comparação com um veículo elétrico a bateria abastecida com energia gerada na Europa, consideradas as características da matriz energética europeia. Quando comparado à gasolina, o etanol se destaca ainda mais. O saldo final mostra que, na comparação entre os dois combustíveis, o uso do etanol evitou a emissão de 34,85 kg de CO<sub>2</sub>eq no trajeto, o equivalente a 144 gramas de CO<sub>2</sub>eq por quilômetro rodado. O veículo abastecido com etanol reduz mais de 60% a pegada de carbono ” (BRIER; BARALDI, 2023).

Portanto analisando os dados das fontes de pesquisa 1ª e 2ª relativos a emissão de gases de efeito estufa (GEE), constatamos que, em média, um veículo elétrico (BEV) pode gerar 50% menos emissões de GEE em relação ao um veículo convencional, movido à gasolina e/ou etanol ao longo de sua vida útil, mesmo quando incluídas as emissões causadas pelo processo de fabricação das baterias. A ampliação do uso de veículos elétricos tem potencial para reduzir as emissões de GEE, e se tornar ainda mais interessante quando recarregado por eletricidade gerada por fontes renováveis, como as fotovoltaicas ou eólicas.

## 6 CONCLUSÃO

As cidades estão sempre em movimento e as mudanças acontecem a todo momento, e trabalhar com pessoas sempre será um grande desafio para os arquitetos das cidades inteligentes do futuro.

Em conclusão, à medida que as cidades se esforçam para diminuir os impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável, os veículos elétricos vem se destacando como uma peça importante na construção de cidades verdes no contexto das cidades inteligentes. A evidência, conforme analisado neste artigo, nos indica que os veículos elétricos são significativamente menores emissores de gases de efeito estufa em comparação com aos veículos movidos a combustíveis fósseis. Esta redução nas emissões não apenas melhora a qualidade do ar e a saúde pública, mas também contribui para atenuar as mudanças climáticas vividas pelo mundo na atualidade.

A adoção de veículos elétricos está alinhada com os princípios das cidades inteligentes, que buscam otimizar o uso de recursos e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Com a integração de tecnologias avançadas de gestão de tráfego e infraestrutura de recarga, as cidades podem criar ambientes propícios para este fim. Isso não apenas reduzirá as emissões de gases

de efeito estufa, mas também ajudará a enfrentar desafios relacionados ao congestionamento urbano e à poluição sonora.

No entanto, é importante reconhecer que a transição para uma frota de veículos elétricos será gradativa e levará um certo tempo. Questões como a disponibilidade de infraestrutura de recarga no Brasil, custos iniciais mais elevados e preocupações com a autonomia ainda precisam ser abordadas de forma abrangente. Para superar esses desafios, serão necessárias a criação de legislações específicas, parcerias entre governos, setor privado e sociedade civil, juntamente com investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento.

Mesmo com todos esses desafios, a adoção de veículos elétricos é um passo significativo em direção à sustentabilidade. Com a infraestrutura adequada, como estações de carregamento eficientes e redes inteligentes, os veículos elétricos podem ser totalmente integrados ao ecossistema urbano.

Além disso, a transição para veículos elétricos pode estimular a inovação tecnológica e criar oportunidades econômicas. Isso pode incluir o desenvolvimento de novas indústrias, como a fabricação de baterias, e a criação de empregos em setores relacionados.

Portanto, é imperativo que continuemos a explorar e investir em tecnologias de veículos elétricos. Ao fazer isso, podemos nos aproximar de nosso objetivo de construir cidades verdes e inteligentes, onde a sustentabilidade e a inovação caminham lado a lado para um futuro melhor.

## 7 REFERÊNCIAS

BONA, J., C. **Transição energética**: o caminho para o desenvolvimento sustentável. dez. 2020. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/transicao-energetica/>. Acesso em: 18 mar.2024.

BRIER, M.; BARALDI, R. **Comparativo de emissões de CO2 confirma vantagens do etanol para uma mobilidade mais sustentável**, Stellantis N.V., 31 mar. 2023. Disponível em: <https://www.media.stellantis.com/br-pt/corporate-communications/press/comparativo-de-emissoes-de-co2-confirma-vantagens-do-etanol-para-uma-mobilidade-mais-sustentavel> . Acesso em: 18 mar. 2024.

CHRISPIM, M., C.; SIMÕES, A., F.; SOUZA, J., F., T. Avaliação Comparativa entre Veículos Elétricos e Veículos Convencionais no contexto de mitigação das Mudanças Climáticas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental** abr. 2019, Florianópolis, v. 8, n. 1, P. 127-148. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6723/4317](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6723/4317). Acesso em: 25 abr. 2024.

DIAS, R. O papel das energias renováveis no cumprimento dos ods: oportunidades e desafios. Recima21 - **Revista científica multidisciplinar**. - v.5, n.1, 2024, ISSN 2675-6218, 5(1), e514845. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.4845>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GUITARRARA, Paloma. **Meio ambiente**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/meio-ambiente.htm>. Acesso em: 18 mar. 2024.

HADJICHAMBIS, A.; PARASKEVA-HADJICHAMBI, D.; SINAKOU, E.; ADAMOU, A.; GEORGIU, Y. **Green Cities for Environmental Citizenship: A Systematic Literature Review of Empirical Research from 31 Green Cities of the World**. *Sustainability* 2022, 14, 16223. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su142316223>. Acesso em: 14 mar. 2024.

HEYWOOD, John B. **Internal Combustion Engine Fundamentals**: McGraw-Hill Education, 2018.

JACOBSON, M., Z.; DELUCCHI, M., A.; CAMERON, M., A.; MATHIESEN, B., V. **Matching demand with supply at low cost in 139 countries among 20 world regions with 100% intermittent wind, water, and sunlight (WWS) for all purposes**. *Renewable Energy*, v. 123, ago. 2018, P. 236-248. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118301526>. Acesso em: 18 mar. 2024.

LAMPIS, A.; PAVANELLI, J., M., M.; GUERRERO, A., L.; BERMANN, C. **Possibilidades e limites da transição energética: uma análise à luz da ciência pós-normal.** fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35103.010>. Acesso em: 14 mar. 2024.

MERA, Z.; BIEKER, G.; REBOUÇAS, A., B.; CIEPLINSKI, A. **Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no Brasil.** 10 out. 2023. Disponível em: <https://theicct.org/publication/comparacao-das-emissoes-de-gee-ao-longo-do-ciclo-de-vida-de-motores-de-combustao-flex-e-eletricos-veiculos-de-passageiros-brasil-oct23/>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PORTO, A., G.; FREES, C.; DORIA, F.; CAMPOLARGO, M. **O Futuro é das chics: como construir agora as cidades humanas, inteligentes, criativas e sustentáveis.** Instituto Brasileiro de Cidades Inteligentes, Humanas e Sustentáveis. 1ª edição, 2020, ISBN 978-65-87770-00-0.

SALGADO, A., P.; OLIVEIRA, M., M., B.; NOVI, J., C. O. Impacto nas Variações das Matrizes Energéticas e Uso da Terra: Estudo sobre a Eficiência Ambiental do G20. REAd - **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, edição 86, nº 2, mai/ago. 2017, P. 306 – 332. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413.2311.013.62781>. Acesso em: 14 mar. 2024.