Universidade Federal da Grande Dourados doi: 10.30612/videre.v11i22.11273

Páginas 223–246

# O DESENVOLVIMENTO DA ELETRIFICAÇÃO DOS TRANSPORTES E A TRANSFORMAÇÃO DA MOBILIDADE URBANA DAS CIDADES COMO INSTRUMENTOS PARA EFETIVAÇÃO DO ESTADO DE DIREITO AMBIENTAL

## *THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT ELECTRICITY AND THE TRANSFORMATION OF URBAN MOBILITY OF CITIES AS INSTRUMENTS FOR EFFECTIVE ENVIRONMENTAL LAW*

**Ulisses Arjan Cruz dos Santos Cruz dos Santos**[1]

**Ricardo Augusto Lunière Fonseca Lunière Fonseca**[2]

**Lídia de Abreu Carvalho Frota Carvalho Frota**[3]

**Mônica Mota Tassigny Mota Tassigny**[4]

**RESUMO:** A concretização do Estado de Direito Ambiental e das cidades inteligentes estão intrinsecamente ligados à substituição dos combustíveis fosseis por combustíveis alternativos mais sustentáveis e, sobretudo, pela eletrificação dos transportes. Objetivando alcançar o direito ao desenvolvimento sustentável, redução da emissão dos gases do efeito estufa e a otimização da mobilidade urbana, para tanto a eletrificação dos transportes deve ser realizada, em paralelo ao desenvolvimento das tecnologias de geração de energias renováveis e digitais, aliada à infraestrutura viária e ao controle do trânsito das cidades. Desse modo, o presente artigo visa abordar o desenvolvimento da eletrificação dos transportes, no contexto da transformação da mobilidade das

1 Mestrando em Direito Ambiental pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Pós-graduado em Direito Tributário pela Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO), em Gestão Pública pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e em Docência no Ensino Superior pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Bacharel em Direito pela Faculdade Martha Falcão Wyden (FMF Wyden) e em Administração pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Advogado e Administrador. ulissesarjan@hotmail.com

2 Mestrando em Administração pela Universidade Federal de Viçosa (UFV/UEA). Pós-graduado em Auditoria Interna e Externa pelo Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (CIESA). Graduado em Administração pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Auditor Chefe da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e membro-associado do Instituto Internacional de Auditores do Brasil (IIA). Orcid: 0000-0001-9340-4589. prof.rluniere@yahoo.com.br

3 Mestranda em Direito Constitucional pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Juíza de Direito do Tribunal de Justiça do Amazonas (TJAM). Bacharela em Direito pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). lidiacarvalhofrota@hotmail.com

4 Doutora em Sócio-Economie du développement - Ecole des Hautes Études en Sciences Sociales e em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestra em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Graduada em Educação. Professora titular da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), do programa de pós-graduação direito constitucional e do programa de pós-graduação administração. monica.tass@gmail.com

cidades, e como instrumento para construção de uma sociedade sustentável, levando em consideração a realidade brasileira. Para tanto, como metodologia, utilizou-se do método de abordagem dedutivo, quanto aos meios a pesquisa foi bibliográfica e, quanto aos fins, qualitativa. Os resultados obtidos demonstram que os avanços tecnológicos relacionados à eletrificação dos transportes, aliada à tendência global para redução das emissões de gases poluentes, bem como às mudanças comportamentais da sociedade, de modo particular, das gerações mais jovens, são os elementos necessários para uma mudança de paradigma na área dos transportes, cumprindo ainda a legislação dos acordos climáticos, promovendo a efetivação do direito intergeracional ao desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Cidades Inteligentes. Eletrificação dos Transportes. Mobilidade Urbana. Sustentabilidade. Estado de Direito Ambiental.

**ABSTRACT:** Achieving the rule of law and smart cities is intrinsically linked to the replacement of fossil fuels with more sustainable alternative fuels and, above all, by the electrification of transport. In order to achieve the right to sustainable development, reduction of greenhouse gas emissions and optimization of urban mobility, transport electrification should be carried out in parallel with the development of renewable and digital energy generation technologies, combined with infrastructure. and traffic control of cities. Thus, the objective of this article was to address the development of transport electrification, in the context of the transformation of city mobility, and as an instrument for building a sustainable society, seeking to reflect on the Brazilian reality. For such, as methodology, the deductive approach method was used, as for the means the research was bibliographic and, as the ends, qualitative. The results show that technological advances related to the electrification of transport, combined with the global tendency to reduce emissions of pollutant gases, as well as the behavioral changes of society, particularly of younger generations, are the necessary elements for a change. paradigm in the area of transport, complying with the legislation of the climate agreements, promoting the realization of the intergenerational right to sustainable development.

**Keywords:** Smart Cities. Transport Electrification. Urban Mobility. Sustainability. State of Environmental Law.

## INTRODUÇÃO

A eletrificação dos transportes constitui-se no objeto de estudo desse artigo, cuja delimitação contempla uma abordagem do desenvolvimento da eletrificação, no contexto da transformação da mobilidade das cidades, e como ferramentas para construção de uma sociedade sustentável. A situação problemática do artigo reside na necessidade da construção de uma sociedade sustentável, uma vez que grande parte da população brasileira utiliza o transporte urbano coletivo e chegou-se em um ponto em que alguns elementos convergem para uma transformação de paradigma na área de transportes.

A partir da situação problemática exposta, o presente artigo buscou responder ao seguinte questionamento: Quais são os elementos que convergem para uma mudança de paradigma na área dos transportes? A hipótese que norteia o artigo parte da premissa de que, os avanços tecnológicos relacionados à eletrificação dos transportes, aliada à tendência global para redução das emissões de gases poluentes, bem como às mudanças comportamentais da sociedade, de modo particular, das gerações mais jovens, são os elementos necessários para uma mudança de paradigma na área dos transportes, cumprindo ainda a legislação dos acordos climáticos.

Como justificativa para a relevância da discussão do tema em meios acadêmicos e sociais, destaca-se que, existe a necessidade de se aprofundar e conhecer melhor sobre a eletrificação dos transportes visando à transformação da mobilidade das cidades, e para construção de uma sociedade sustentável, pois o setor de transportes responsável por grande parcela das emissões de dióxido de carbono ($CO_2$) no Brasil. A eletrificação dos transportes, aparece como uma alternativa para cumprimento dos acordos climáticos firmados entre os países e organizações internacionais. Os veículos elétricos (VEs) apresentam um enorme potencial de redução das emissões de gases de estufa decorrentes, majoritariamente, da queima de combustíveis fosseis.

Nesse contexto, é importante abordar ainda os aspectos ambientais e econômicos envolvidos no desenvolvimento da eletrificação dos transportes, além de compreender o papel que estes desempenham nas transformações relacionadas ao transporte, à questão da mobilidade urbana e da energia. O presente artigo objetiva abordar o desenvolvimento da eletrificação dos transportes, no contexto da transformação da mobilidade das cidades, e como ferramentas para construção de uma sociedade sustentável, buscando analisar a realidade brasileira.

No desenvolvimento do artigo, primeiramente, examinam-se em um primeiro momento, os veículos elétricos, levando-se em consideração sua classificação. Em seguida, aborda-se a questão das cidades inteligentes e das cidades sustentáveis, no contexto do desenvolvimento da eletrificação dos transportes. Posteriormente, volta-se ao estudo da construção de uma sociedade sustentável e transformação da mobilidade das cidades, utilizando-se a eletrificação dos transportes como ferramenta.

## 1. A ELETRIFICAÇÃO DOS TRANSPORTES

Os Veículos elétricos (cuja sigla em inglês é EV, de electric vehicle) é um tipo de veículo propulsionado por um motor elétrico, para transportar ou conduzir pessoas, objetos ou uma carga específica. A diferença dos veículos usuais pelo fato de utilizarem um sistema de propulsão elétrica e não a solução comum de motor de combustão interna. O motor elétrico usa energia química armazenada em baterias recarregáveis, que depois é convertida em energia elétrica para alimentar um motor que fará a sua conversão em energia mecânica, possibilitando que o veículo se mova.

Os veículos elétricos (*Eletric Vehicles* - EVs) podem ser classificados em quatro grupos principais: HEVs (*Hybrid Electric Vehicles*), PHEVs (*Plug-In Electric Vehicles)*, REXs (*Range Extenders*) e os BEVs (*Battery Electric Vehicles*), com diferentes níveis de eletrificação e possibilidades para contribuir com a redução de emissões. Quanto às suas características Lima e Portugal (2018, p. 543) destacam:

> Os HEVs, possuem um motor de combustão interna que funciona com combustível convencional e um motor elétrico que se utiliza de energia armazenada em uma bateria. No entanto, esta bateria é carregada via frenagem regenerativa, não havendo a necessidade de conectá-lo a uma tomada. Os PHEVs possuem um motor de combustão interna alimentado por combustível convencional ou alternativo, e um motor elétrico que se utiliza da energia armazenada na bateria. Este tipo de veículo pode ser conectado a uma tomada para o carregamento da sua bateria. Já os REXs possuem motor elétrico com bateria do tipo plug-in e um motor de combustão interna. A sua diferença em relação aos PHEVs é que o motor elétrico sempre aciona as rodas do veículo, enquanto que o motor de combustão interna atua como um gerador para recarregar a bateria quando esta estiver esgotada. Os BEVs operam exclusivamente com eletricidade via baterias on-board que são carregadas conectando-as a uma tomada ou estação de carregamento. Esses veículos não têm motor a gasolina, possuem maior autonomia elétrica quando comparado com os PHEVs e não emitem gases poluentes durante a operação. Apesar de apresentarem um custo operacional inferior, os VEs ainda apresentam um custo total superior aos dos veículos de combustão interna. Os VEs se mostram mais competitivos em sistemas de compartilhamento de viagens e do tipo *mobilityas-a-service*. Identifica-se os VEs como peça fundamental da transformação em curso no setor elétrico com potencial de otimizarem a utilização de fontes de energia renováveis intermitentes, principalmente, no transporte coletivo (ônibus).

O Relatório da *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) divulgado em 2018, sobre veículos elétricos (EVs) destaca que a eletrificação do transporte rodoviário irá aumentar seu ritmo a partir de 2025, principalmente em função da queda no custo das baterias e da fabricação em larga escala. Conforme pode ser visualizado na figura 1, as vendas globais de automóveis elétricos devem saltar de 1,1 milhão de unidades, número registrado em 2017, para 11 milhões em 2025.

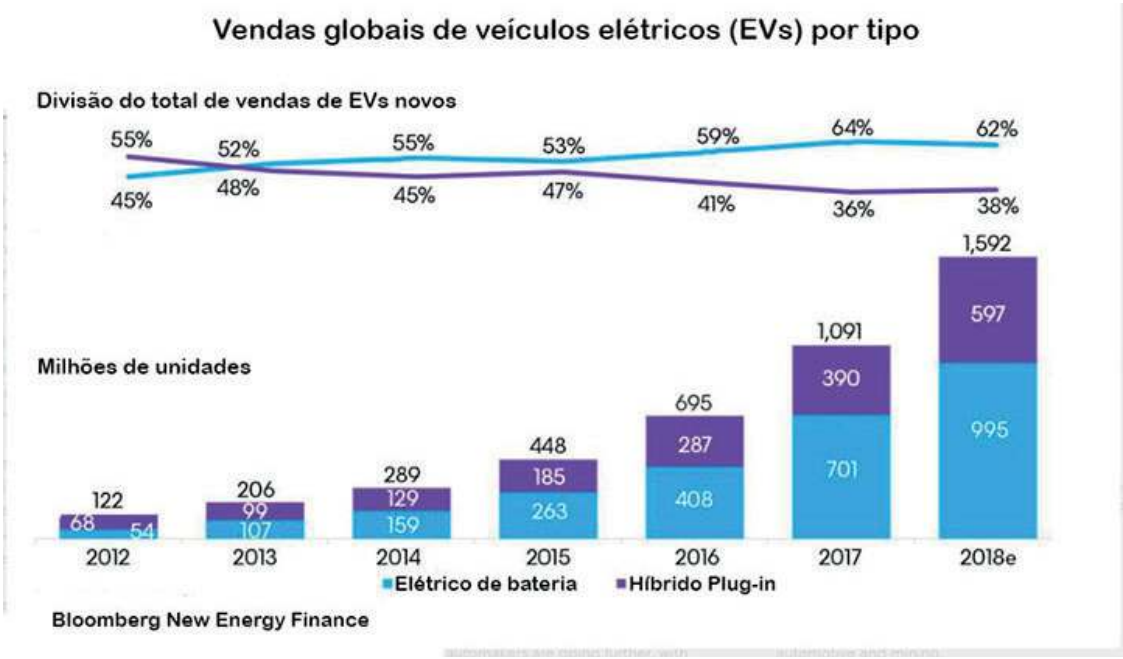


**Figura 1 –** Vendas globais de veículos elétricos (VESs) por tipo.

Fonte: Bloomberg New Energy Finance (BNEF). In: Ishikawa (2018, p.1).

O planejamento de novos modelos anunciados pelos fabricantes e as novas legislações voltadas para conter a poluição urbana, reforçaram nossa visão otimista em relação aos veículos elétricos. Ishikawa (2018, p.1) pontua:

> Os ônibus elétricos devem avançar com mais rapidez, com participação nas vendas globais chegando a 84% em 2030, contra 28% entre os automóveis. Os modelos elétricos devem passar a ganhar vantagens em relação ao custo sobre os automóveis equipados com motor de combustão interna (*internal combustion engine* - ICE), o que deve proporcionar um salto, em apenas cinco anos, para 30 milhões de unidades em 2030. A venda de automóveis ICE deve, a partir de então, começar a declinar.

Já em 2040, como demonstrado na figura 2, a expectativa do relatório da BNEF, é que os elétricos assumam a maioria das vendas, chegando a 55% do mercado de veículos leves. Em relação à previsão geral do relatório de 2017, foi um pequeno incremento que era de 54%.

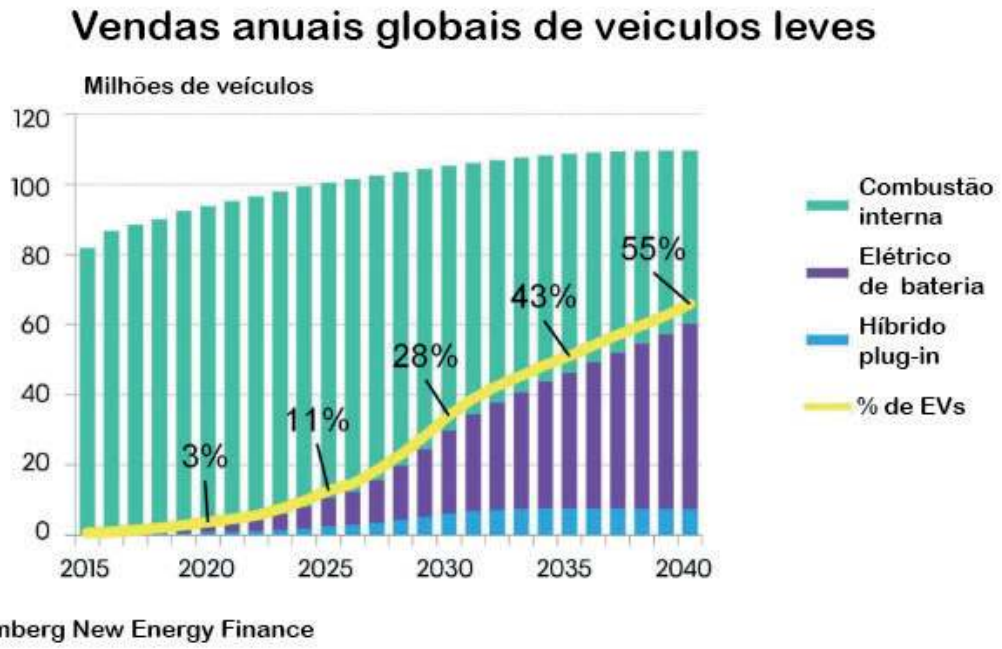


**Figura 2 –** Vendas anuais globais de veículos leves.

Fonte: Bloomberg New Energy Finance (BNEF). In: Ishikawa (2018, p.1).

Analisando o cenário no Brasil, de acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2016, p. 8), "cerca de 85% da população vive em centros urbanos, sendo que existem 36 cidades com mais de 500 mil habitantes, além de 40 regiões metropolitanas estabelecidas, nas quais vivem mais de 80 milhões de brasileiros, cerca de 45% da população". Acerca do processo de rápida urbanização e do setor de transportes, Lima e Portugal (2018, p. 542) observam:

> A pressão sobre as infraestruturas urbanas nas cidades brasileiras é cada vez maior. Estas, portanto, enfrentarão consideráveis transformações para criar condições de vida sustentáveis para seus habitantes. Os setores de transporte urbano e energia, pilares dessas transformações, precisarão se adaptar ao crescimento demográfico e econômico de modo a não aumentar os níveis de poluição e congestionamento.

> De forma a conter o aumento dos níveis de poluição, no último acordo climático das Nações Unidas o país se comprometeu a reduzir 43% das emissões de gases do efeito estufa até 2030. O setor de transportes é responsável por grande parcela das emissões de $CO_2$, a eletrificação dos transportes aparece como uma alternativa para o atingimento de tal meta. Entretanto, para que os benefícios da eletrificação extensiva dos transportes sejam reais, a energia elétrica que os alimenta deve ser proveniente de fontes de energia limpas e renováveis. Neste sentido, a eletrificação se mostra ainda mais pertinente, uma vez que grande parte da matriz energética brasileira é limpa e o país apresenta grande potencial para desenvolvimento de energias limpas e renováveis (eólica e solar).

A utilização das novas tecnologias veiculares, bem como das fontes de energia renováveis, de modo particular, no transporte público demanda, na visão de Almeida (2016, p. 133):

> Uma análise sobre seu potencial de redução de emissões, seus custos, impactos na tarifa e fontes de financiamento. As várias iniciativas de testes de tecnologias de ônibus, associadas às fontes de energia alternativas ou renováveis, ainda não apresentam uma solução que possa ser universal em substituição ao diesel. **A**s administrações municipais que queiram promover a substituição do diesel podem utilizar um "mix" de tecnologias, conforme a função que os veículos tenham na rede de serviços como, por exemplo, a eletrificação de corredores de ônibus (BRTs) ou a utilização de ônibus a bateria. A escolha de diferentes tecnologias deve considerar aspectos como capacidade e segurança de fornecimento, bem como a existência de múltiplos fornecedores, para que o serviço transporte público não tenha risco de descontinuidade pela falta de combustível ou veículos específicos.

A partir desse cenário, se desperta para a emergência de uma nova abordagem para a eletrificação dos transportes. Tricoire (2018) afirma:

> Hoje, a mobilidade elétrica é vista amplamente como uma forma de melhorar a qualidade do ar e atingir objetivos climáticos, mas raramente é integrada a uma visão abrangente para cidades mais inteligentes. Os veículos elétricos (VEs) continuam associados aos modelos tradicionais de propriedade e uso, e ainda são considerados apenas carros: os serviços inovadores associados às baterias ou à integração com edifícios inteligentes são ignorados ou, pelo menos, não são suficientemente explorados. As estações de carregamento ainda são desenvolvidas com pouca ou nenhuma consideração dos problemas de energia, ou não exploram tecnologias digitais suficientes, o que dificulta demais a experiência do cliente. Sua localização também mudará inevitavelmente com a transição para a mobilidade compartilhada e autônoma.

Segundo o relatório intitulado "Veículos elétricos para cidades mais inteligentes: o futuro da energia e da mobilidade", do Fórum Econômico Mundial (2018), desenvolvido em cooperação com a Bain & Company, sugere três princípios gerais da mobilidade elétrica, conforme pode ser visualizado na figura 3.

| Princípios | Descrição |
|---|---|
| Assumir uma abordagem multistakeholder e para um mercado específico | O investimento e a infraestrutura necessários para suportar a mobilidade elétrica variam significativamente de um lugar para outro. Qualquer roteiro focado na mobilidade elétrica deve ser adaptado a três características principais do mercado específico: infraestrutura local e design, sistemas de energia, e cultura e padrões de mobilidade. Todas as partes interessadas devem se comprometer a definir coletivamente um novo paradigma para as cidades, que vão além das divisões da indústria de hoje e incluem a busca por políticas municipais, regionais e nacionais complementares. |
| Priorizar veículos elétricos de alta utilização | Os táxis e o transporte público elétricos terão um grande impacto na redução das emissões de carbono. Esses veículos rodam muito mais do que os veículos de uso pessoal, por isso o desenvolvimento de frotas de veículos elétricos comerciais e públicos deve ser encorajado. Por exemplo, a Schneider Electric e a BMW fazem parte de um consórcio de empresas em Bangkok, em parceria com a Universidade de Tecnologia King Mongkut Thonburi, para estimular o uso de veículos elétricos em toda a Tailândia, inicialmente por meio do compartilhamento de um carro e um ônibus elétrico no campus da instituição. |
| Implementar uma grande infraestrutura de carregamento hoje, visando a antecipação da transformação da mobilidade | A infraestrutura de carregamento de veículos elétricos deve ser desenvolvida ao longo de rodovias, pontos de destino e perto de terminais de transporte público. Isso é crítico por três razões: primeiro, para acompanhar a demanda atual. Em segundo lugar, para tornar as estações de carregamento acessíveis, convenientes e fáceis de usar. E, por último, promover a adoção de VEs em mercados comerciais e privados. |

**Figura 3 -** Princípios gerais da mobilidade elétrica.

Fonte: Tricoire (2018, p.2).

No que se refere aos aspectos ambientais dos veículos elétricos, além dos benefícios referentes à redução de poluentes atmosféricos, existe a redução da poluição sonora. Todavia, seus efeitos são limitados, conforme destacam Lima e Portugal (2018, p.547):

> Avaliam o impacto dos diferentes componentes do veículo nos ruídos do tráfego urbano, dentre eles: ruído do pneu, ruído aerodinâmico e do motor de propulsão. A redução dos ruídos provenientes de tráfego em vias de alta velocidade provavelmente não será perceptível pelos habitantes, por outro lado, o ruído de tráfego urbano a velocidades inferiores a 40km/h será, uma vez que, os ruídos do motor são dominantes a velocidades mais baixas". Quanto aos aspectos econômicos dos veículos elétricos, pode-se afirmar que embora os custos de energia correspondam a uma pequena parcela do custo total de transportes, altos preços da gasolina e baixos preços da eletricidade podem vir a motivar a troca para VE. Espera-se que os preços do petróleo cresçam nas próximas décadas, devido ao incremento nos custos de exploração do petróleo em regiões não convencionais (xistos e areias petrolíferas). Ademais, a crescente demanda por petróleo na China e na Índia poderá provocar aumentos regulares nos preços devido à escassez de oferta. O preço da eletricidade também é suscetível a aumento; porém, espera-se um aumento inferior ao preço do

> petróleo. As políticas de carbono provocarão um custo adicional aos combustíveis fósseis e o efeito global das alterações nos preços estimulará a eletrificação e o uso de veículos mais eficientes em termos de consumo de combustível.

Além dos custos inferiores com combustível que os veículos elétricos apresentam em relação aos de combustão interna, destaca-se que os custos de manutenção também são inferiores (em média 18%) graças ao menor desgaste dos freios e a menor quantidade de partes móveis dos VEs. No contexto da eletrificação dos transportes no Brasil, não seria possível furtar-se à perspectiva histórica que, segundo Vasconcellos (2012, p.22):

> Iniciou com a modalidade de trólebus, que começou a ser usado no Brasil em abril de 1949, em São Paulo, como parte da importação de 30 veículos dos EUA, feita pela Companhia Municipal de Transportes Coletivos (CMTC). No ano de 1953, o veículo começou a rodar também em Belo Horizonte e em Niterói. E seguiram-se nas seguintes cidades: Porto Alegre (RS), Campos (RJ), Araraquara (SP), Salvador (BA), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP), Fortaleza (CE) e Ribeirão Preto (SP), este último caso no ano de1982. O ônibus elétrico ganhou importância especial após a crise do petróleo da década 1970, sendo seu uso facilitado por subsídios ao custo desta energia. A indústria nacional começou, inclusive, a fabricar este tipo de veículo, mas seu preço era cerca do dobro do preço do veículo a diesel equivalente, além de necessitar da instalação da rede de fios e das estações de energia. Além disso, falhas na manutenção e no fornecimento energético provocavam interrupções nos serviços e congestionamento, com prejuízos para a sua imagem junto à sociedade. Apesar de suas grandes vantagens ambientais, do seu conforto (baixo ruído interno e suavidade), e de sua maior durabilidade (no mínimo, o dobro do veículo a diesel), em 2004, a maioria dos sistemas estava desativada.

No entanto, o debate acerca da eletrificação dos transportes, continua vivo entre os técnicos brasileiros. Linke (2019, p. 4-6) observa que, o mundo acompanha o desenrolar de três revoluções fundamentais na área de transportes: a eletrificação, a automação e o compartilhamento, conforme pode ser visualizado na figura 4.

| **Revoluções** | **Descrição** |
|---|---|
| Primeira revolução: eletrificação | A eletrificação avança mais onde se observam políticas governamentais robustas, principalmente, em países europeus e na China. No âmbito das cidades, são diversas as medidas em curso. Em São Francisco se incentiva aluguel de carros elétricos. Em Estocolmo, o abastecimento será grátis para carros elétricos. Los Angeles, Oslo e cidades chinesas têm faixas dedicadas somente para veículos elétricos. A eletrificação dos veículos pode reduzir as emissões de $CO_2$. Mas, para que a eletrificação traga o máximo de benefícios, a geração de energia deve ser de fato, descarbonizada. |

| Revoluções | Descrição |
|---|---|
| Segunda revolução: automação | Em compasso com a eletrificação, a indústria também caminha a passos largos com a discussão da automação. Estima-se que até 2020, veículos com nível de automação 4 estejam circulando em frotas comerciais. Neste nível, o veículo é 100% autônomo, mas o carro pode solicitar que o motorista volte a dirigir em algumas ocasiões. Nissan, Ford, GM, Chrysler, Volvo, Uber, Daimler, Hyundai estão todas com veículos em teste. A automação pode fornecer benefícios importantes de segurança, reduzir custos de mão-de-obra e possibilitar viagens mais baratas com uso mais produtivo do tempo. No entanto, diminuindo o custo da viagem em termos de tempo e dinheiro, a automação provavelmente induzirá mais viagens e reduzirá drasticamente o número de empregos no transporte. Além de incentivar as pessoas a viverem mais longe. O Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) desenvolveu um estudo junto com a Universidade UC Davis para entender se a combinação de eletrificação com automação resulta no abatimento de emissões de $CO_2$, e como impacta de forma mais ampla em objetivos sociais, econômicos e ambientais até 2050. Somente mitigação/redução de emissão de $CO_2$ não basta para resolver o problema de mobilidade urbana das cidades do futuro. Precisam-se produzir sistemas que sejam inclusivos e acessíveis a toda a população. Sem uma mudança em direção a um novo modelo de negócio, com compartilhamento, com investimentos para aumentar o uso de transporte público e transportes ativos, as revoluções na tecnologia veicular podem aumentar significativamente o congestionamento e a expansão urbana, potencialmente aumentando também a emissão de $CO_2$. |
| Terceira revolução: mobilidade compartilhada | O transporte público sempre foi compartilhado, e a carona ou o táxi não são modelos exatamente novos de deslocamento. Mas, a tecnologia entra como um elemento novo para atrair mais viajantes para o modo compartilhado e diminuir drasticamente o número de carros nas ruas. Ao tirar carros das ruas, abre-se espaço para outros usos e modos de transporte. Um estudo do Massachusetts Institute of Technology (MIT) de 2017, demonstrou que, uma frota de 3 mil veículos com capacidade de 4 passageiros, ou 2.000 veículos com capacidade de 10 passageiros resolveria 98% das viagens atualmente feitas por 14.000 táxis em Nova York, com tempo de espera de apenas 2.7 minutos. Uma simulação do International Transport Forum em Lisboa indicou que todas as viagens diárias da cidade poderiam ser resolvidas com apenas 10% do número de veículos atuais, se combinado em veículos de 8 e 16 lugares. A mobilidade compartilhada, seja através de viagens compartilhadas ou transporte público, pode levar a um uso mais eficiente do espaço urbano, reduzir os congestionamentos, possibilitar mais caminhadas e ciclovias, reduzir o uso de energia e emissões e melhorar a habitabilidade urbana. Contudo, isso demanda políticas sólidas para a qualificação do transporte público e o desestímulo ao uso do automóvel privado. |

**Figura 4 -** Três revoluções fundamentais na área de transportes.

Fonte: Linke (2019, p.4-6).

Nas próximas três décadas, estas três revoluções fundamentais na área dos transportes mudarão drasticamente a mobilidade urbana. Neste sentido, é essencial destacar a mudança de foco: do transporte individual e egoísta para o transporte público, eficiente, barato, rápido e solidário nas grandes cidades. No entanto, quanto ao cenário futuro das três revoluções coordenadas e a situação do Brasil, Linke (2019, p. 6) destaca que:

> Há um descompasso nítido no avanço das frotas de ônibus, carros e caminhões elétricos na China em relação às demais regiões do mundo, onde o papel da indústria é fundamental, com envolvimento direto do Estado. Não é à toa que 99% da frota de ônibus elétricos do mundo está na China. Na cidade de Shenzen, 100% da frota de 16.000 ônibus são elétricos. A Prefeitura de Nova York anunciou que 100% da frota pública de ônibus será elétrica até 2040. A ação é também uma resposta à questão da justiça ambiental. Um relatório divulgado no início do mês pela New York City Environmental Justice Alliance revelou que 75% das garagens de ônibus de Nova York se localizam em comunidades negras, mais afetadas pelas emissões de poluentes locais. A renovação da frota impactará diretamente as políticas de saúde da cidade, onde estima-se que a troca de cada ônibus diesel por um elétrico reduziria os custos com doenças respiratórias em cerca de US$ 150 mil. Há apenas três fábricas de ônibus elétricos ou híbridos: Eletra (São Bernardo do Campo, SP), Volvo (Curitiba, PR) e BYD (Campinas, SP). No entanto, as discussões de uma frota substancial de coletivos menos poluentes estão limitadas a poucas cidades, em ações pontuais. Em São Paulo, a licitação para a nova concessão faz exigências quanto à tecnologia da frota, de modo que em 20 anos, a emissão de $CO_2$, de material particulado e de NOx, seja 100%, 95% e 95% abatidas, respectivamente. Esta obrigatoriedade, definida pela Lei do Clima (Lei Nº 16802 de 17/01/2018) é de suma importância para se conseguir mudar a frota da cidade. Considerando que o investimento inicial para esta transição é alto, não basta o Estado criar obrigações, é preciso ser indutor do processo, estimulando, facilitando e até mesmo participando diretamente, de modo a criar circunstâncias de mercado que apoiem o transporte limpo e coletivo do futuro.

No cenário internacional, segundo Orbea (2019, p.1):

> A China assumiu a liderança em veículos elétricos nos últimos anos, com a cidade de Shenzhen se tornando a primeira a eletrificar toda a frota de ônibus públicos até o final de 2018. No entanto, um novo líder está surgindo e que pode servir de modelo e referência para a eletrificação dos transportes no Brasil: trata-se de Santiago, no Chile. Em dezembro de 2018, 100 novos ônibus elétricos chegaram a Santiago e começaram suas operações. No ano de 2019, o Chile deverá ter a segunda maior frota de ônibus elétricos do mundo depois da China, com mais de 200 veículos operando em Santiago. E uma nova licitação está em curso, para fornecer incentivos para a implantação de aproximadamente mais 500 ônibus públicos elétricos na cidade até o ano de 2020.

Para Santiago mudar o curso das coisas tão rapidamente, "três fatores abriram o caminho para um aumento de ônibus elétricos", conforme demonstrado na figura 5.

| Fatores | Descrição |
|---|---|
| Oferta abundante de minerais importantes | No balanço da equação, o Chile tem várias vantagens na oferta. É o maior produtor de cobre do mundo, respondendo por cerca de 27% da quantidade total extraída a cada ano no planeta. O cobre é uma matéria-prima muito importante para os ônibus elétricos, que consomem três vezes mais do que os ônibus convencionais, quase 370 quilos em alguns ônibus, em função do tamanho das baterias. O Chile é também o segundo maior produtor mundial de outro importante material usado em baterias de ônibus elétricos: o lítio. Enquanto alguns países, como os Estados Unidos, se preocupam com o domínio do mercado de lítio na China, o Chile tem pouco com o que se preocupar, com alta produção e as maiores reservas mundiais do mineral. |
| Políticas públicas mais robustas e de incentivo | O Chile assumiu fortes compromissos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no âmbito do Acordo de Paris, e o setor de transportes é importante para a mitigação de emissões, responsável por 29% das emissões de $CO_2$ do país em 2013. O Transantiago, sistema de ônibus de Santiago, gera mais da metade de todo o NOx na capital chilena e 450 mil toneladas de $CO_2$ por ano. A concentração média de material particulado em Santiago em 2015 também foi mais do que o dobro do nível considerado seguro pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Em parte por causa de seus objetivos climáticos, mas também para atender às preocupações com a qualidade do ar, em 2017 o governo chileno publicou uma Estratégia Nacional de Eletromobilidade, preparada em conjunto pelos ministérios de Energia, Transportes e Meio Ambiente, que apresenta cinco pilares para liderar a transição do país para os veículos elétricos. Até 2050, a meta é que pelo menos 40% dos veículos particulares e 100% dos veículos de transporte público sejam elétricos. As metas climáticas do Chile e o forte compromisso nacional com os veículos elétricos fornecem ao país, com Santiago na liderança, uma base sólida para adoção ampla e rápida. |
| Modelo de negócio inovador através do diálogo multissetorial | Chegar a esse ponto demandou uma colaboração forte com a participação de vários níveis de governo e indústrias. Em 2016, foi formado um consórcio de atores públicos, privados, da sociedade civil e de pesquisadores para promover a mobilidade elétrica no Chile. O consórcio continua operando até hoje, com coordenação entre os atores relevantes para avaliar as barreiras de implementação, desenvolver estratégias industriais para impulsionar os suprimentos de veículos elétricos e ser uma plataforma de inovação tecnológica. A maior empresa de serviços públicos do Chile, a Enel Chile, por exemplo, desenvolveu o novo modelo de negócios de ônibus elétricos do Transantiago, em conjunto com uma operadora de ônibus. Os 200 ônibus elétricos da cidade foram comprados de diferentes fabricantes chineses por duas concessionárias e serão alugados para os operadores de ônibus, parcialmente pagos com tarifas de usuários e parcialmente cobertos pelos subsídios de transporte público existentes. O ambiente economicamente liberal do Chile impulsionou a inovação nos negócios, oferecendo uma ampla gama de oportunidades financeiras e econômicas. Em 2016, o país importou US$ 57,5 bilhões de mercadorias, com saldo comercial positivo. O Chile promoveu o investimento privado e possui um forte sistema financeiro. Esse ambiente de mercado levou à inclusão de indústrias que tradicionalmente não faziam parte do setor de transporte no aumento de veículos elétricos do Chile, como empresas de serviços públicos, e incentivou novos modelos de negócios e parcerias que tornam projetos complexos de eletromobilidade menos complicados. A nova licitação de ônibus elétricos do Transantiago, por exemplo, separa os gastos de capital e as despesas operacionais entre os diferentes prestadores de serviços, de modo que o operador não precisa cobrir toda a carga financeira e técnica das novas tecnologias. Isso está seguindo uma abordagem semelhante à do recente processo de aquisições de Bogotá para substituir sua frota de ônibus antiga. |

**Figura 5 -** Três fatores importantes para a eletrificação de transportes no Chile.

Fonte: Orbea (2019, p.2-4).

Os três fatores fortes acima elencados ocorridos na cidade do Chile, ajudaram a tornar Santiago uma pioneira dos ônibus elétricos na América Latina e no mundo. Fundamentos como uma estratégia nacional clara, o envolvimento das principais partes interessadas e uma economia dinâmica acrescentam outras vantagens. O modelo é uma grande promessa para a capital do Chile e pode ser um guia para outras cidades seguirem o exemplo, inclusive no Brasil.

No Brasil, algumas iniciativas estão sendo viabilizadas. Conforme Reis (2018, p.1), o evento intitulado "O Salão do Veículo Elétrico" ganhou foco na eletrificação no transporte público. Realizado no Transamerica Expo Center, em São Paulo, no ano de 2018, "esse evento contou com um serviço de *transfer* (transporte de passageiros de um ponto a outro) gratuito a cada 15 minutos da estação Santo Amaro da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) até o local da exposição do evento". O veículo utilizado para isso, "foi um ônibus híbrido, com tração totalmente elétrica, que utiliza um motor compacto Euro 5, a diesel, como gerador para manter a carga das baterias".

Após uma breve exposição dos veículos elétricos e da eletrificação dos transportes no mundo, e sua necessidade no Brasil, bem como a exposição de algumas iniciativas, na seção seguinte, irá se abordar sobre a questão da mobilidade urbana, onde a eletrificação dos veículos assume grande relevância.

## 2. A PROBLEMÁTICA DA MOBILIDADE URBANA

O comportamento dos indivíduos, que está ligado diretamente à liberdade de ir e vir, seus desejos e o conceito de qualidade de vida na sociedade atual, para Vargas e Sidotti (2008, p.8):

> A discussão sobre a mobilidade urbana deve contemplar a visão de uma gestão urbana que trabalha com a definição da localização de atividades, com a qualidade do espaço construído, com a fiscalização e controle do funcionamento das atividades urbanas e de seus cidadãos. Mobilidade urbana é definida como a capacidade de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano para a realização de suas atividades cotidianas (trabalho, abastecimento, educação, saúde, cultura, recreação e lazer), num tempo considerado ideal, de modo confortável e seguro.

A mobilidade é hoje um dos principais desafios da gestão urbana brasileira, Vasconcellos (2014, p.7) analisa:

> Concentrando uma série de pontos críticos das grandes cidades do país. A precariedade dos sistemas de transporte público nas regiões metropolitanas, a ausência de planejamento, a falta de transparência e o baixo nível de investimentos público e privado no setor foram alguns dos fatores que, nos últimos anos, concorreram para gerar um grande sentimento de frustração e de indignação.

Segundo Vasconcellos (2012, p.5), em sua obra "Mobilidade Urbana e Cidadania", dentre os problemas mais comuns relacionados à mobilidade urbana e ao transporte e que são conhecidos de todas as pessoas que moram nas grandes cidades brasileiras, destacam-se os seguintes: "congestionamentos, trânsito caótico, atraso de ônibus aliado ao problema de ônibus que não param corretamente nos pontos, falta de informação e sinalização, pedestres que atravessam fora dos sinais, ônibus lotados e carros particulares subutilizados".

Os problemas de mobilidade urbana supracitados devem ser discutidos pela própria população e incluídos nos planos governamentais, buscando proporcionar uma cidadania plena no ambiente urbano e a otimização, eficiência e segurança no deslocamento das pessoas. A administração pública deve considerar algumas variáveis como: o perfil dos usuários de transporte público e a desigualdade no consumo dos recursos da cidade. É dever e obrigação da sociedade deve discutir a mobilidade urbana pois é uma forma garantir o acesso das pessoas ao que a cidade oferece, de modo mais eficiente em termos socioeconômicos e ambientais. Vargas e Sidotti (2008, p.10) menciona:

> O aspecto da qualidade da mobilidade urbana, que passa pela discussão do sistema de ônibus que trafega lotado nas horas de pico e que diminui a sua frota fora destes horários, aumentando o intervalo entre os ônibus. Para quem está fora do horário de pico, não resta outra opção a não ser esperar. O percurso a pé, de bicicleta ou de moto, tem se apresentado como alternativa ao alto custo e lentidão do trânsito, no entanto, também é realizado em condições precárias, em decorrência da falta de travessias adequadas, ausência de vias exclusivas ou falta de qualidade das calçadas, sem contar, com a falta de iluminação pública à noite, que aumenta a insegurança.

Vasconcellos (2012, p.16) observa:

> O percurso a pé é a forma mais natural do deslocamento e maioria das pessoas faz viagens a pé, com ou sem a utilização de um modo complementar. Mesmo em cidades grandes, a maioria dos deslocamentos diários, é feita exclusivamente a pé, no entanto, há ainda os percursos feitos a pé para dar acesso aos veículos ou outros meios de transporte. A bicicleta é o veículo mais utilizado pelas pessoas no mundo, sendo que sua presença é maciça na Ásia: a proporção de bicicletas por habitante pode ser igual a 1. Só na China há 300 milhões de bicicletas. Já em países de alta renda, como Japão, Alemanha e Holanda, "há mais bicicletas que automóveis. No Brasil, a bicicleta é também o veículo mais numeroso, estimando-se que havia em 2011, 52 milhões de unidades no país. Dentre as vantagens da bicicleta, destacam-se os seguintes: Baixo custo de aquisição e manutenção; facilidade de utilização e estacionamento; contribui para um melhor estado de saúde. Sua principal desvantagem está na área da segurança de tráfego, em decorrência da falta de infraestrutura viária e de sinalização adequada. No entanto, o ônibus ainda é o transporte coletivo mais utilizado pela população nas grandes cidades. Dentre as diferentes formas de deslocamento público, os ônibus são os mais utilizados em todo o planeta. No Brasil e demais países em desenvolvimento, costumam ser o mais importante meio de transporte. Podem transportar entre 22 e 45 pessoas sentadas. A partir da década de 1980, foram desenvolvidos os veículos articulados (com 2 partes) e biarticulados (2 partes), transportando um número muito maior de pessoas.

Em decorrência da transformação em curso que está ocorrendo no setor de transporte urbano, Lima e Portugal (2018, p. 551) destacam:

> As possibilidades para eletrificação extensiva se mostram favoráveis. Com o desenvolvimento da mobilidade compartilhada, os veículos elétricos devem se mostrar mais competitivos economicamente em relação aos ICEV devido ao alto grau de utilização da frota nos serviços. A crise econômica, por sua vez, gera uma nova demanda por serviços de baixo custo (*low-cost*). As tecnologias da informação e comunicação (TIC) permitiram a comunicação conveniente e barata através da *internet*, a comunicação universal e a geolocalização através dos *smartphones* e a automatização de processos por meio dos computadores. Todos estes elementos possibilitaram o surgimento de plataformas digitais e reduziram drasticamente

> os custos de transação, estimulando assim o desenvolvimento da mobilidade compartilhada. No contexto da mobilidade compartilhada, dois elementos apoiarão o desenvolvimento dos VEs: o surgimento de operadores de serviços de transporte (ex: empresas de *car sharing* e compartilhamento de viagens) e sistemas de intermodalidade (plataformas do tipo *mobility as a service).* Empresas de *carsharing* e compartilhamento de viagens eliminam os custos de compra, posse e manutenção dos veículos para os usuários. Ademais, proporcionam estímulo econômico para adoção de VEs devido ao alto grau de utilização dos veículos (custos operacionais mais baixos que os ICEV). Os sistemas intermodalidade combinam diferentes modos de transporte de forma ótima, limitando o uso do carro e ônibus à primeira e última milha e, portanto, endereçando o problema da autonomia reduzida dos VEs em relação aos ICEV.

A eletrificação dos transportes objetiva a redução emissões de gases de efeito estufa. Portanto, as políticas urbanas e de transporte devem se ater a reduzir o número de veículos particulares das vias, principalmente aqueles que se utilizam de combustíveis fósseis, estimulando, a adoção de transportes de massa integrados com modalidades limpas.

## 3. O ESTADO DE DIREITO AMBIENTAL

O Estado de Direito Ambiental a partir da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, enfatizando, de forma específica, o *caput* do artigo 225 que, dentre outros aspectos, estabelece o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e que, em seu parágrafo primeiro, atribuem deveres específicos ao Poder Público, com o objetivo de assegurar o direito fundamental em questão. Portanto, com essa finalidade, examina-se em um primeiro momento o Estado de Direito Ambiental, levando-se em consideração conceitos, principais fundamentos e pressupostos.

Como bem se posiciona Lima (2012, p.114), o Estado de Direito Ambiental, como modelo estatal reivindicado, "sugere a adoção de conceitos e posturas tendentes a conferir ao meio ambiente um caráter subjetivo, embora ainda sob uma visão antropocêntrica e utilitarista". A própria Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, quando se refere ao meio ambiente, em seu artigo 225 caput, "traz em sua expressão bem de uso comum do povo, a compreensão do antropocentrismo adotado". No entanto, no mesmo dispositivo, ao determinar que "cabe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo, o legislador constituinte impõe limites a este utilitarismo".

Logo, essas considerações preliminares encontram amparo no conceito de Leite e Canotilho (2007, p.137) sobre antropocentrismo alargado:

> Mesmo centrando as discussões a respeito do ambiente na figura do ser humano, propugna por novas visões do bem ambiental. Assim, centra a preservação ambiental na garantia da dignidade do próprio ser humano, renegando uma visão econômica do ambiente. O "alargamento" dessa visão antropocêntrica reside justamente em considerações que exprimem ideias de autonomia do ambiente como
>
> requisito para a garantia de sobrevivência da própria espécie humana. Aqui o meio ambiente não é visto como passaporte à acumulação de riquezas, sendo compreendido como elementar à vida humana digna.

Levando-se em consideração essas premissas iniciais, pode-se destacar que, o grande e principal desafio da concretização do Estado de Direito Ambiental é promover o paradigma do desenvolvimento sustentável. Acerca do tema a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (2001, p. 300) conceituou o desenvolvimento sustentável:

> [...] como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Nas propostas apresentadas pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), emprega-se o termo significando melhorar a qualidade da vida humana dentro dos limites da capacidade de suporte dos ecossistemas. Isso implica, entre outros requisitos, o uso sustentável dos recursos renováveis, ou seja, de forma qualitativamente adequada e em quantidades compatíveis com sua capacidade de renovação.

Segundo Berna (2008, p. 113), o desenvolvimento sustentável busca:

> Atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades. O desenvolvimento de bons hábitos e boas atitudes relacionadas ao meio ambiente, somente se consolidará ao longo da formação do indivíduo, e através de ações da Educação Ambiental (EA), deve-se buscar uma sociedade pautada no paradigma do desenvolvimento sustentável.

De acordo com as recomendações de Rodrigues (2008, p. 125), "deve-se encontrar um ponto de equilíbrio para o desenvolvimento, já que o mesmo bem que é matéria-prima ao desenvolvimento, é também peça essencial à sadia qualidade de vida dos seres". Nessa esteira Lima (2012, p.115) ressalta que, "o Estado de Direito Ambiental também possui um caráter metafísico, visto que são titulares de direitos, pessoas que ainda não existem".

O desenvolvimento sustentável não engloba apenas a economia e o meio ambiente, mas também o social. A efetivação do Estado de Direito Ambiental depende da atuação estatal e da sociedade, haja vista que o meio ambiente é imensurável e holístico. Desta forma, o Estado de Direito Ambiental é pautado na concepção integrada do ambiente, o qual prega a proteção sistemática dos componentes ambientais naturais e humanos.

Após uma suscita caracterização do Estado de Direito Ambiental, bem como de sua missão, o item seguinte aborda a eletrificação dos transportes e a mobilidade urbana como instrumentos para efetivação do Estado de Direito Ambiental, evidenciando a necessidade de implementar novas tecnologias para economia dos recursos naturais limitados do planeta e, consequentemente, promoção do meio ambiente sustentável e sadio para todos.

## 4. A ELETRIFICAÇÃO DOS TRANSPORTES E A MOBILIDADE URBANA COMO INSTRUMENTOS PARA EFETIVAÇÃO DO ESTADO DE DIREITO AMBIENTAL

Leite e Awad (2012, p.48) sinalizam que as metrópoles contemporâneas apresentam "imensas áreas desarticuladas e dispersas pelo território. Como fraturas elas esgarçam o tecido urbano, estabelecendo aparente semelhança entre partes diversas".

Nesse contexto, é inviável a formação de um mapa mental do território contemporâneo, exceto através dos paradigmas das cidades inclusivas e humanizadas.

A *World Foundation for Smart Communities* (2001) associa cidades digitais ou inteligentes (criação de infraestrutura, serviços acesso público em uma determinada área urbana para o uso das novas tecnologias e redes) "ao crescimento inteligente, um tipo de desenvolvimento baseado nas tecnologias da informação e comunicação. Segundo California Institute for Smart Commuunities (2014, p.122):

> Uma comunidade inteligente é uma comunidade que fez um esforço consciente para usar a tecnologia da informação, para transformar a vida e o trabalho dentro de seu território de forma significativa e fundamental, em vez de seguir uma forma incremental.

As cidades inteligentes são também cidades digitais, mas nem todas as cidades digitais são inteligentes. A diferença está na capacidade de resolver problemas das cidades inteligentes; a capacidade marcante das cidades digitais está na oferta de serviços através da comunicação digital. A partir dessa perspectiva, Detroz (2014, p.122) ressalta-se que:

> Uma cidade inteligente, ou em termos mais gerais, um espaço inteligente se refere a um ambiente físico, no qual as tecnologias da informação e comunicação (TICs), além de sistemas de sensores, desaparecem à medida que se tornam embutidos nos objetos físicos e nos ambientes nos quais vivemos, viajamos e trabalhamos. Aumentando assim, a expectativa de vida e nossa experiência do mundo físico de uma forma benigna e não intrusiva.

Ao longo dos anos, novas perspectivas foram sendo somadas às pesquisas sobre as cidades inteligentes, bem como para a criação de novas formas e tecnologias para o gerenciamento das mesmas, visando alcançar o patamar das cidades sustentáveis. Para Souza (2015, p. 1), uma cidade sustentável é aquela que se dedica ao conforto das pessoas, preservando o equilíbrio ambiental diante da ocupação concreta dos espaços urbanos, assegurando mobilidade, lazer, habitabilidade e acessibilidade.

No contexto da construção do paradigma das cidades sustentáveis no Brasil, não seria possível furtar-se à perspectiva histórica. A discussão sobre cidades sustentáveis só tomou vulto na década de 1990 a 2000, em decorrência dos impulsos advindos da Rio-92 e da Conferência Habitat II. Enquanto aumenta a legitimidade do paradigma da sustentabilidade e sua pertinência para lidar com a especificidade do urbano. Segundo Bezerra e Fernandes (2000, p. 29):

> [...] cresce a necessidade de selecionar critérios estratégias e indicadores para ancorar a formulação, monitorar a implementação e avaliar os resultados das políticas urbanas em bases sustentáveis. Assim, a discussão sobre quais estratégias devem ser consideradas prioritárias não pode deixar de remeter-se aos objetivos macro do desenvolvimento sustentável em qualquer das escalas consideradas, global, nacional ou local.

Sob a perspectiva das cidades sustentáveis, faz-se necessário discorrer primeiramente sobre a sustentabilidade e sobre o desenvolvimento sustentável (DS), em uma perspectiva ampliada desse padrão de cidade. Historicamente, segundo Armada (2015, p.164), o conceito de sustentabilidade teve sua origem em 1987, com a apresentação

do documento "Nosso Futuro Comum", conhecido como "Relatório Brundtland", que apresenta uma lista de ações a serem tomadas pelos Estados e também define metas a serem realizadas em nível internacional, tendo como agentes as diversas instituições multilaterais. Nesse relatório, a definição de desenvolvimento sustentável, apresenta-se como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.

Bezerra e Fernandes (2000, p.26) esclarecem que o conceito de sustentabilidade ampliada realiza o encontro político necessário entre a agenda estritamente ambiental e a agenda social, "ao enunciar a indissociabilidade entre os fatores sociais e os ambientais e a necessidade de que a degradação do meio ambiente seja enfrentada juntamente com o problema mundial da pobreza".

Do diálogo surgido após a Rio-92 entre a Agenda para o desenvolvimento sustentável e as agendas social (de combate à exclusão e à pobreza) e de direitos humanos, aos poucos, foram se firmando duas noções-chave, tanto para a Agenda 21 como para o tema das Cidades sustentáveis: a noção da sustentabilidade ampliada e a de que a sustentabilidade não é um estado, mas um processo. Segundo Bezerra e Fernandes (2000, p. 26), pode-se afirmar que o marco teórico da sustentabilidade ampliada foi fundamental na construção do pacto global em torno da Agenda 21 e para superar a dicotomia ou o conflito de interesses.

Segundo Bezerra e Fernandes (2000, p. 27), essas dimensões podem aparecer de forma isolada, ou de forma combinada nas várias dinâmicas que informam o processo de construção social do desenvolvimento sustentável. Ao nomeá-las dinâmicas socioambientais, concebe-as como complementares e destaca sete principais:

> 1) Sustentabilidade ecológica - base física do processo de crescimento e tem como objetivo a conservação e o uso racional do estoque de recursos naturais incorporados às atividades produtivas.
>
> 2) Sustentabilidade ambiental - relacionada à capacidade de suporte dos ecossistemas associados de absorver ou se recuperar das agressões derivadas da ação humana (ação antrópica), implicando um equilíbrio entre as taxas de emissão e/ou produção de resíduos e as taxas de absorção e/ou regeneração da base natural de recursos.
>
> 3) Sustentabilidade demográfica - revela os limites da capacidade de suporte de determinado território e de sua base de recursos e implica cotejar os cenários ou as tendências de crescimento econômico com as taxas demográficas, sua composição etária e os contingentes de população economicamente ativa esperados.
>
> 4) Sustentabilidade cultural - necessidade de manter a diversidade de culturas, valores e práticas existentes no planeta, no país e/ou numa região e que integram ao longo do tempo as identidades dos povos.
>
> 5) Sustentabilidade social - objetiva promover a melhoria da qualidade de vida e a reduzir os níveis de exclusão social por meio de políticas de justiça redistributiva.
>
> 6) Sustentabilidade política - relacionada à construção da cidadania plena dos indivíduos por meio do fortalecimento dos mecanismos democráticos

de formulação e de implementação das políticas públicas em escala global, diz respeito ainda ao governo e à governabilidade nas escalas local, nacional e global.

7) Sustentabilidade institucional - necessidade de criar e fortalecer engenharias institucionais e/ou instituições cujo desenho e aparato já levem em conta critérios de sustentabilidade.

A sustentabilidade pode ser afirmada como um paradigma e é essa característica paradigmática da sustentabilidade que dá suporte à formulação da possibilidade de sustentabilidade urbana e que permite considerar possível e desejável permitindo ainda que o "desenvolvimento urbano possa ocorrer em bases sustentáveis. Levando-se em consideração a utilização da eletrificação e da mobilidade como ferramentas de transformação na construção de uma sociedade sustentável, Takahira (2019, p.1), destaca que:

> Em sintonia com a tendência mundial a evolução do transporte elétrico no Brasil, pode ser dada como certa no contexto dos negócios relacionados à mobilidade, em toda a sua abrangência. Os sinais são evidentes no País pela presença, a cada ano maior, de produtos e soluções em veículos, eletropostos e subsegmentos eletrificados, como patinetes e bicicletas, além de iniciativas de startups e importadoras que só fazem aumentar com a eletromobilidade. Possibilidades à parte é preciso considerar que a infraestrutura de recarga para a mobilidade terrestre está entre os desafios a que os veículos elétricos tenham seu uso intensificado no Brasil, na medida da necessidade de uma nação como a nossa, de dimensões continentais. A dificuldade é real, mas iniciativas como o Corredor Elétrico Sul, que estabelece condições de recarga entre Curitiba (PR) e Florianópolis (SC), já estão em prática com o objetivo da criação de uma malha de estações capaz de tornar viáveis as viagens em trechos de longos percursos intermunicipais e interestaduais.

A importância da criação de eletrovias é indiscutível, mas são imperativas neste momento a discussão, atualização e análise do estado da arte do mercado com as novas iniciativas e lançamentos. Para Takahira (2019, p. 2):

> Nessa ótica o transporte público de passageiros e de cargas é o que se mostra mais propício à criação de rotas e ao uso de estrutura planejada. No entanto, a infraestrutura para recarga de baterias de uma frota de ônibus elétricos é outro desafio a ser resolvido, no mínimo quanto aos seus custos, implicações para o entorno e a própria manutenção do sistema. Perante o panorama industrial e econômico, a política industrial representada no ROTA 2030 e o envolvimento do setor elétrico em projetos e modelos de negócio para eletromobilidade no País. Enquanto isso, o movimento brasileiro rumo à eletromobilidade segue seu curso. Duas montadoras presentes no País instalaram suas manufaturas de VE's por aqui, uma para a fabricação de veículos leves (híbridos-etanol flexfuel) e outra para pesados - ônibus (híbrido-elétrico flexfuel), e caminhão (puro elétrico), já em operação em uma distribuidora de bebidas parceira no projeto. Sim, os elétricos são viáveis no Brasil.

O Conselho de Administração e a Direção Geral do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), criou um grupo de trabalho que atuou ao longo de seis meses para diagnosticar a situação e gerou um documento pontuando que no Brasil, o uso de veículos elétricos ainda é estatisticamente insignificante. Segundo a Revista Rural (2019, p. 2):

> [...] mas essa nova realidade começa a estabelecer suas bases por aqui. Além das indústrias que têm vínculo direto com o tema, a perspectiva dos veículos elétricos já chegou ao público mais amplo, com séries de reportagens veiculadas na televisão e nas imprensas especializadas em veículos automotores e em biocombustíveis. Esse último setor merece particular reflexão, pois o Brasil é singular na produção e uso de biocombustíveis e a eletrificação de veículos tem potencial para alterar esse mercado, em especial do etanol. No atual estágio da tecnologia, a viabilidade econômica dos veículos elétricos depende de mercados nicho ou de subsídios. No entanto, com a queda do custo das baterias, espera-se que os veículos elétricos venham a alcançar custos competitivos ao longo das próximas décadas.

No entanto, para Revista Rural (2019, p. 3), os cenários para o futuro do sistema energético global divergem principalmente:

> [...] na aceitação ou não da premissa de descarbonização, entendida como alinhamento às metas do acordo de Paris. Em todos os cenários, bioenergia e biocombustíveis crescem em termos absolutos até 2050-2060. Em termos relativos, a bioenergia fica estacionada em 10,1-12,0% da energia primária (sem descarbonização) ou cresce para 17,6-23,2% (com descarbonização). Por sua vez, os biocombustíveis crescem em todos os cenários, partindo de 4,8% da bioenergia em 2014 para 11,9-20,7% em 2050-2060. O crescimento dos biocombustíveis reflete sua modernidade dentro da bioenergia, o que lhe dá vantagem sobre bioenergias tradicionais (como a lenha) para as quais se buscam substitutos mais modernos.

Mesmo em um cenário adverso, os veículos híbridos e elétricos vêm ganhando espaço no mercado internacional, auxiliando na redução da dependência de combustíveis fósseis e na redução das emissões de $CO_2$. Segundo Bernardes (2017, p. 1) "estas emissões, levando-se em consideração todo segmento de transportes em 2009, alcançaram a marca preocupante de 25% do total das emissões mundiais decorrentes do consumo de energia". Com diferentes fabricantes de veículos híbridos-elétricos e de estações de recarga, o mercado tem incentivado a padronização a fim de permitir a interoperabilidade dos sistemas.

Segundo pesquisa patrocinada pela Agência Internacional de Energia (IEA), "os veículos híbridos-elétricos do tipo *plug-in*, conectáveis à rede para recarga, e os veículos 100% elétricos atingirão a marca de quase 30 milhões de unidades comercializadas nos próximos anos".

Segundo Bernardes (2017, p.2), na Europa, o sistema Opp-Charge é empregado nos ônibus fabricados pela empresa Volvo Group, que é um sistema universal e com protocolo aberto de automação que carrega entre três e seis minutos, conseguindo atender diferentes fabricantes que conecta os dispositivos em nuvem (cloud), para monitoramento remoto do sistema. A potência de recarga é de 150 kW, podendo ser ajustada com novos módulos para atender baterias maiores, alcançando 450 kW. O Custo custo aproximado de 27 mil euros e o objetiva tornar o processo de recarga rápido, seguro e universal, sendo compatível com o maior número possível de sistemas. Na figura 7, demonstra-se a expectativa de redução do consumo de energia comparando-se veículos tradicionais, híbridos e híbridos-elétricos (tipo *plug-in*).

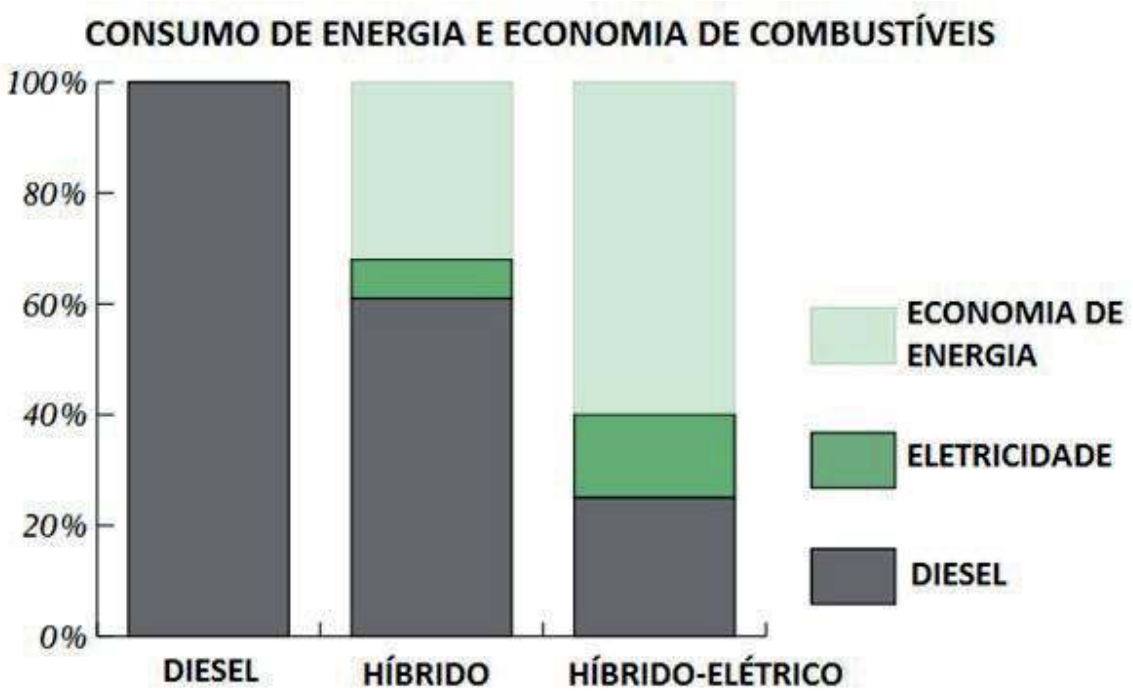


**Figura 7 -** Consumo de energia e economia de combustíveis.

Fonte: Bernandes (2017, p.4).

A Volvo além de contar com modelos híbridos-elétricos tipo "*plug-in*" "em implantação (mais de cem), e estar estudando modelos 100% elétricos para serem implantados em escala, conta com cerca de 2.000 ônibus híbridos, sem conectividade para recarga, em circulação pelo mundo, alguns deles no Brasil.

Bernardes (2017, p.4) destaca que nos modelos em circulação no Brasil, "o fabricante opera com sistema híbrido e sem conectividade à rede: motor elétrico trabalha em paralelo com motor à diesel, controlado por um sistema que busca a maior eficiência do conjunto". Segundo a Volvo, "isto resulta numa emissão 50% menor de poluentes, além de alcançar uma economia de combustível da ordem de 35% em relação aos ônibus à diesel convencionais".

Para finalizar, destaca-se a visão de Souza (2015, p.1), ao ressaltar que tornar a cidade sustentável não é uma tarefa fácil, de modo particular por dois motivos: primeiro, as cidades não se organizaram, no tempo, para recepcionar quantitativa e qualitativamente as pessoas e suas circunstâncias familiares, sociais, ambientais e profissionais; segundo, os maus hábitos da própria população.

Portanto, pensar a cidade sob uma perspectiva sustentável é um dos grandes desafios a ser enfrentado pelos gestores municipais, no entanto, é importante que, a sociedade também compreenda que, essa tarefa não é exclusiva do poder público, tratando-se, portanto de um comprometimento coletivo e recíproco.

## CONCLUSÃO

Uma nova visão para a eletrificação dos transportes, faz-se eminente. Não restam dúvidas de que, o futuro do transporte está na eletrificação. Levando-se em consideração que, no Brasil, a matriz elétrica pode ser renovável, esse raciocínio faz sentido, pois, através de políticas e estímulos, haverá redução das emissões de gases poluentes.

A pesquisa aponta que é viável e existem oportunidades para os veículos elétricos no Brasil. No entanto, para se alcançar a maximização dos benefícios econômicos e ambientais da eletrificação dos transportes, a mesma deve ser realizada, em paralelo ao desenvolvimento das tecnologias de geração de energias renováveis e digitais. Na realidade, as reflexões acerca da mobilidade urbana, não podem deixar de contemplar a esfera tecnológica inerentes aos meios de transportes, aliada à infraestrutura viária, bem como ao controle do trânsito das cidades.

Desse modo, faz-se necessária uma abordagem voltada para as especificidades de cada região, para identificar os gargalos e barreiras de desenvolvimento dos veículos elétricos, sob a perspectiva do poder público, da empresas e dos usuários, com a finalidade de que, as estratégias de eletrificação sejam bem-sucedidas, no cenário do setor de transporte urbano e os novos paradigmas de mobilidade.

Os resultados encontrados indicam aporte na literatura, e para a confirmação da hipótese, destacando-se que, os avanços tecnológicos, aliados à tendência global para redução das emissões de gases poluentes, bem como às mudanças comportamentais da sociedade, são os elementos que convergem para uma mudança de paradigma na área dos transportes, o que permitirá também cumprir a legislação dos acordos climáticos.

Com essa pesquisa não houve pretensão de generalizar resultados, mas, demonstrar a relevância da discussão do tema, suscitando novas reflexões a respeito da transformação da mobilidade das cidades, através da eletrificação dos transportes, como ferramentas de construção para uma sociedade sustentável.

Buscou-se estimular um processo de conhecimento e a conclusão a partir de duas perspectivas básicas: a primeira relaciona-se ao objetivo alcançado; e a segunda direciona-se para as possibilidades de melhorias em alguns aspectos que não foram abordados, nos quais a temática apresentada, ainda demanda mais pesquisas.

A partir da abordagem, o presente estudo pode auxiliar no conhecimento e contextualização da realidade brasileira, reorganizando os conhecimentos, suscitando novas reflexões e significados, produzindo ainda textos, que possam ser lidos e discutidos pelos docentes e discentes de Direito, e por outras áreas correlatas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Evaristo (Org). **Mobilidade urbana no Brasil.** São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2016.

ARMADA, Charles Alexandre Souza. **O estado socioambiental de direito brasileiro e a concretização multidimensional da sustentabilidade.** In: Revista Eletrônica Direito

e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.1, edição especial de 2015. Disponível em: ‹https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rdp/article/download/7164/4063›. Acesso em: 04 out. 2019.

BERNA, Vilmar Sidnei Demamam. **Amigos do planeta**: meio ambiente e educação ambiental. São Paulo: Paulus, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: ‹http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm›. Acesso em: 23 set. 2019.

BERNARDES, Maurício. **Ônibus híbridos: como funcionam as estações de recarga rápida**. In: Tecnologia e Sustentabilidade. 04 de março de 2017. Disponível em: ‹https://www.mobilize.org.br/noticias/10260/onibus-eletricos-como-funcionam-as-estacoes-de-recarga-rapida.html›. Acesso em: 07 out. 2019.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima; FERNANDES, Marlene Allan (Coord). **Cidades sustentáveis**: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; IBAMA; Consórcio Parceria 21 IBAM-ISER-REDEH, 2000.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Estado Constitucional Ecológico e Democracia Sustentada. In: FERREIRA, H. S.; BORATTI, L. V.; LEITE, J. R. M.(Org.). **Estado de Direito Ambiental:** tendências. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

FERNANDES, Jeferson Nogueira. **O Direito fundamental ao desenvolvimento sustentável.** In: Revista de Direito Ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, ano 13, n. 50, p. 114-132,
abr./jun.2008. Disponível em:
‹http://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/125›. Acesso em 30 set. 2019.

DETROZ, Djessica et al. **Cidades Sustentáveis, Inteligentes e Inclusivas: Reinvenção das Cidades**, 2014. Disponível em:
‹http://www.sociesc.org.br/reis/index.php/reis/article/download/26/81›. Acesso em: 04 out. 2019.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** Brasília: IPEA, 2016. Disponível em:
‹http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf›. Acesso em: 04 out. 2019.

ISHIKAWA, Marcelo. Elétricos: ônibus terão crescimento mais rápido que automóveis. In: Associação Brasileira do Alumínio (ABAL). 13 de julho de 2018. Disponível em: ‹http://aluauto.com.br/onibus-eletricos-crescimento-automoveis/›. Acesso em: 07 out. 2019.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. Cidades sustentáveis - Cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LEITE José Rubens Morato; CANOTILHO, José Joaquim Gomes (Org.). **Direito constitucional ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

LIMA, Gregório Costa Luz de Souza; PORTUGAL, Licinio da Silva. **Perspectivas para o desenvolvimento da eletrificação dos transportes.** In: 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. De 04 a 07 de novembro de 2018. Disponível em: ‹https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2019-01/Perspectivas.pdf›. Acesso em: 04 set. 2019.

LIMA, Gregório Costa Luz de Souza. **Mobility as a Service na promoção da mobilidade sustentável:** O caso do Rio de Janeiro (2018). Monografia. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2018. Disponível em: **‹**http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024175.pdf**›**. Acesso em: 04 out. 2019.

LINKE, Clarice. **A revolução dos transportes e a mobilidade do futuro. Combinação de veículos elétricos, autônomos e compartilhados deve mudar a cara das nossas cidades.** 24/09/2019. Disponível em: **‹**https://projetocolabora.com.br/ods11/a-revolucao-dos-transportes/**›**. Acesso em: 04 out. 2019.

ORBEA, Jone. Como Santiago se tornou líder global em ônibus elétricos. 07.01.2019. In: WRI Brasil. Disponível em: ‹https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/01/como-santiago-se-tornou-lider-global-em-onibus-eletricos›. Acesso em: 07 out. 2019.

**REIS, Alessandro.** Transporte público sustentável: Conheça ônibus híbridos que já rodam em SP. 22/09/2018. Disponível em: ‹https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/09/22/transporte-publico-sustentavel-conheca-onibus-hibridos-que-ja-rodam-em-sp.htm›. Acesso em: 07 out. 2019.

**REVISTA RURAL.** A eletrificação dos veículos e o futuro do etanol no Brasil. 25 de março de 2019. Disponível em: ‹https://www.revistarural.com.br/2019/03/25/a-eletrificacao-dos-veiculos-e-o-futuro-do-etanol-no-brasil/›. Acesso em: 07 out. 2019.

**SOUZA, André Leandro Barbi de. A responsabilidade de ter uma cidade sustentável. 12/09/2015.** Disponível em: ‹http://www.igam.com.br/gestaopublica/?p=135›. Acesso em: 04 out. 2019.

TAKAHIRA, Ricardo. Artigo - Elétricos são viáveis no Brasil? 23/07/2019. Disponível em: ‹https://www.seesp.org.br/site/index.php/comunicacao/noticias/item/18420-artigo-eletricos-sao-viaveis-no-brasil›. Acesso em: 07 out. 2019.

TRICOIRE, Jean-Pascal. **Eletrificação dos transportes: energia para tornar as cidades mais inteligentes.** 07 de maio de 2018. Disponível em: ‹https://brasilamericaeconomia.com.br/analise-e-opiniao/eletrificacao-dos-transportes-energia-para-tornar-cidades-mais-inteligentes›. Acesso em: 04 set. 2019.

VARGAS, Heliana Comin; SIDOTTI, Telas de Cristiano. Mobilidade urbana. In: **URBS.** Ano XII. Nº 47. Jul/ago/set, 2008, p.7-11. Disponível em: ‹http://www.vivaocentro.org.br/publicacoes/urbs/urbs47.pdf›. Acesso em: 04 out. 2019.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Mobilidade urbana e cidadania**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2012.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Mobilidade Urbana e Cidadania. Percepções do usuário de transporte público no Brasil. Relatório Preliminar**. 2014. Disponível em: ‹https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/12484›. Acesso em: 04 out. 2019.

Recebido em: 03 de agosto de 2019.
Aprovado em: 22 de novembro de 2019.