

A Mobilidade Elétrica na América Latina

Tendências, oportunidades e desafios

Nicole Stopfer | Anuska Soares
Nivalde José de Castro | Rubens Rosental
organizadores



A Mobilidade Elétrica na América Latina

Tendências, oportunidades e desafios

Rio de Janeiro, 2021

 e-papers

A Mobilidade Elétrica na América Latina

Tendências, oportunidades e desafios

Nicole Stopfer | Anuska Soares
Nivalde José de Castro | Rubens Rosental
organizadores



©Fundação Konrad Adenauer (KAS), 2021.

Todos os direitos reservados a Fundação Konrad Adenauer (KAS).

As visões e opiniões expressas na presente coletânea de artigos são de responsabilidade dos autores colaboradores e não representam necessariamente as visões e posições dos organizadores.

Impresso no Brasil.



Diretora

Nicole Stopfer

Coordenadora de projetos

Anuska Soares

ISBN 978-65-87065-31-1

Revisão técnica

Heloisa Schneider

Uma publicação da

E-papers Serviços Editoriais.

<http://www.e-papers.com.br>

Capa

SceneNature/ISTockPhoto

Diagramação

Michelly Batista

Revisão

Larissa Marum

CIP-Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

M684m

A mobilidade elétrica na América Latina : tendências, oportunidades e desafios / organização Nicole Stopfer ... [et al.]. - 1. ed. - Rio de Janeiro : E-papers, 2021.

282 p. : il. ; 23 cm

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87065-31-1

1. Recursos energéticos - América Latina. 2. Mobilidade elétrica - América Latina. 4. Eletromobilidade. I. Stopfer, Nicole.

22-76312

CDD: 333.7968

CDU: 620.91(8)

Gabriela Faray Ferreira Lopes - Bibliotecária - CRB-7/6643

- 7 Apresentação EKLA-KAS**
Nicole Stopfer
- 9 Introdução**
Nivalde de Castro e Rubens Rosental
- 13 Tendências da mobilidade elétrica na América Latina e ações em curso no Brasil**
Flávia L. Consoni
Tatiana Bermudez-Rodriguez, Altair Aparecido de Oliveira Filho,
Anna Carolina Navarro, Edgar Barassa, Guilherme Ferreti Rissi
- 55 Mobilidade Elétrica na América Latina**
Maurício T. Tolmasquim, Alberto José Leandro Santos, David Alves Castelo Branco
- 87 A Eletromobilidade nos países do Mercosul e suas perspectivas de integração entre os países com base na infraestrutura de recarga e interoperabilidade**
Fernando Campagnoli, Fabrício Pietrobelli, Nicolás Castromán
- 109 Eletrificação de frotas comerciais: uma tendência em expansão**
Lucca Zamboni, Luiza Masseno Leal, Vinicius José da Costa
- 133 Impacto das políticas de mobilidade sustentável na Área Metropolitana do Vale do Aburrá, na Colômbia, mediante dinâmica de sistemas**
Carlos A. Álvarez, Isaac Dyner
- 169 Avanços da Mobilidade Elétrica na Colômbia**
Javier Rosero García
- 193 Chile, o outro extremo da Transição Energética e a Eletromobilidade: Contribuições do Sul**
Ricardo Raineri Bernain
- 219 Mobilidade elétrica no Uruguai**
Virginia Echinope
- 239 Eletromobilidade: Uma oportunidade para a América Latina e o Caribe**
Carlos Jose Echevarria Barbero
- 261 Eletromobilidade no Brasil**
Rachel Henriques, Angela Costa, Bruno Stukart, Heloisa Esteves
- 275 Sobre os autores**

Programa Regional Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA) – KAS

Liberdade, justiça e solidariedade são os princípios básicos do trabalho da Fundação Konrad Adenauer (KAS). A KAS é uma fundação política, ligada ao partido União Democrática Cristã da Alemanha (CDU). Konrad Adenauer (1876-1967), cofundador do CDU e primeiro chanceler alemão, conseguiu unir as tradições social-cristã, conservadora e liberal. O seu nome é sinônimo de reconstrução democrática da Alemanha, consolidação da política externa numa comunidade transatlântica, visão da União Europeia e orientação da economia social de mercado. Seu legado intelectual continua sendo uma missão e um compromisso para nós.

Para a KAS, a segurança energética e a mudança climática tornaram-se peças importantes na estrutura e manutenção de uma ordem social democrática. Nesse contexto, o Programa Regional de Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA) foi desenhado como uma plataforma de diálogo, a fim de promover o processo de tomada de decisões políticas sobre esses temas.

Para isso, organizamos fóruns de discussão regionais, conferências e seminários em estreita colaboração com os escritórios locais e outros programas regionais da Fundação Konrad Adenauer na América Latina, bem como com organizações parceiras nacionais e internacionais, com relatórios, publicações especializadas e estudos.

Nesse contexto, as mudanças climáticas representam uma oportunidade para uma nova forma de desenvolvimento com foco na sustentabilidade ambiental das cidades, área onde os governos locais podem ter um grande impacto, tanto para mitigação quanto para adaptação no âmbito das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). O transporte sustentável é um nicho que abrange as alterações climáticas, com o objetivo de reduzir a nossa pegada de carbono, bem como o setor da segurança energética, com o objetivo de utilizar uma energia mais limpa e sustentável.

Considerando o contexto da América Latina na busca por soluções eficientes e energeticamente limpas, como parte de seus esforços de combate às mudanças climáticas, realizamos 2 Workshops em 2021, com nosso parceiro GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ, sobre os temas “Mobilidade Elétrica no Processo de Transição Energética” e “Ecossistema da Mobilidade Elétrica na América Latina”, onde contamos com especialistas da região e discutimos os temas em profundidade. Desse projeto surgiu o livro “Mobilidade Elétrica na América Latina: Tendências, Oportunidades e Desafios”.

Esperamos que este livro cumpra seu objetivo de fortalecer a atuação de quem trabalha pelos objetivos de desenvolvimento sustentável, os ODS da Agenda 2030 da ONU, e também a colaboração entre governos locais e regionais para trabalhar a agenda do clima como meta de governo! Desejamos uma boa leitura!

Nicole Stopfer
Diretora EKLA-KAS

A indústria automobilística teve um papel preponderante no desenvolvimento econômico do Século XX, notadamente a partir do fim da Segunda Guerra Mundial. Os planos de desenvolvimento econômico do Pós-Guerra colocaram a produção de bens de consumo duráveis, com destaque para a produção automotiva, como polo dinâmico de um novo e consistente processo de industrialização. A produção de carros e caminhões formou e consolidou uma cadeia produtiva densa, complexa e integrada, tendo como base a indústria de autopeças muito capilar e empregando grande contingente de mão-de-obra. Esta cadeia de valor, centrada nos grupos mundiais de montadoras conseguiram atender a demanda crescente de mobilidade urbana e transporte inter-regional. Do ponto de vista tecnológico, foram criadas inovações que aumentaram, gradativamente, a segurança, o conforto e a eficiência energética, derivadas da dinâmica competitiva entre os principais *players* de uma indústria globalizada.

Uma característica marcante da indústria automobilística desde o início do século XX foi a base energética centrada em motores à combustão fóssil. Consequência direta desta rota tecnológica energética, o setor de transporte tornou-se o principal fator de poluição ambiental do mundo, sendo o único dos setores que ainda apresenta níveis de emissão superiores aos níveis registrados em 1990.

No entanto, a deflagração da crise do petróleo verificada na década de 1970, inicia um processo lento, mas irreversível, de transição energética, com a adoção de outras fontes mais eficientes em termos de emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o gás natural e o etanol.

Com o aumento da consciência social em relação à sustentabilidade ambiental, acordos internacionais, programas e metas nacionais de redução das emissões de gases de efeito estufa passaram a impor restrições e condicionantes à indústria automobilística, precipitando uma verdadeira metamorfose. Um fato concreto é que os compromissos assumidos no Acordo de Paris só serão factíveis de serem atingidos em 2050, se a indústria automobilística for ativa neste processo de metamorfose produtiva.

A questão ambiental está, portanto, impondo-se à indústria automobilística uma nova rota tecnológica que são os veículos elétricos. Sobre este ponto, não há mais dúvidas, uma vez que vários países desenvolvidos estão formulando políticas públicas com metas rígidas e datas que vem sendo antecipadas para o fim da produção de veículos à combustão.

Na América Latina, diversos planos e principalmente programas pontuais estão sendo desenvolvidos com vistas a preparar o mercado para o ponto de inflexão da transição dos veículos à combustão interna para os modelos elétricos. Enquanto o custo¹ de aquisição dos veículos elétricos ainda é alto, fato esperado para um produto com tecnologia inovadora, os programas usam subsídios e estimulam parcerias entre o poder público e capital privado, estimulando os investimentos em infraestrutura de eletropostos para viabilizar a difusão da mobilidade elétrica em frotas comerciais e uso privado.

O fluxo diário de veículos contribui para a poluição sonora e ambiental, afetando a qualidade de vida nas grandes metrópoles. Este status é um dos motivos que impulsionam a mobilidade elétrica na América Latina. Cidades como Bogotá, Santiago, Cidade do México e Montevidéu já possuem projetos de mobilidade elétrica, mirando assim alternativas para realizar esta transição com o objetivo de reduzir o nível de poluição e melhorar o bem-estar de seus habitantes.

No entanto, medidas de difusão desta tecnologia esbarram nos problemas de escassez de recursos para implementação destes projetos. A busca de formas para financiar a mobilidade elétrica é o grande desafio da América Latina. Neste sentido, criar um ambiente favorável para a atração de agentes institucionais e econômicos é uma estratégia qualificada e pertinente para garantir a difusão gradativa e irreversível da mobilidade elétrica na América Latina.

Foi dentro deste contexto que a Fundação Konrad Adenauer (KAS), através do seu Programa Regional de Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA) e o GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico da UFRJ desenvolveram uma parceria acadêmica e científica que resultaram na realização de dois workshops em 2021 sobre os temas “Mobilidade Elétrica no Processo de Transição Energética” e “Ecossistema da Mobilidade Elétrica na América Latina”, agregando especialistas de diferentes países, instituições e formação para analisar e examinar aspectos distintos da Mobilidade Elétrica na América Latina.

¹ As menções de dólares no texto se referem a dólares americanos, salvo que se indique o contrário.

E a partir da massa crítica de conhecimentos gerada nestes dois eventos, foi elaborado o presente livro composto de 10 capítulos elaborados pelos participantes dos eventos, assim como, por estudiosos no tema.

Este livro materializa uma pequena contribuição da parceria entre a EK-LA-KAS e o GESEL-UFRJ para estimular e fundamentar a análise e debate sobre o papel estratégico e dinâmico da Mobilidade Elétrica para o processo de disruptura tecnológica que o setor de transportes irá enfrentar, abrindo condições concretas de novos negócios e contribuindo para um posicionamento da América Latina neste novo mundo, que está caminhando para uma economia e sociedade sustentável.

Nivalde de Castro e Rubens Rosental

GESEL (Grupo de Estudos do Setor Elétrico) – UFRJ

Tendências da mobilidade elétrica na América Latina e ações em curso no Brasil

Flávia L. Consoni

Tatiana Bermudez-Rodriguez

Altair Aparecido de Oliveira Filho

Anna Carolina Navarro

Edgar Barassa

Guilherme Ferreti Rissi

Introdução¹

Argumentos presentes no debate acadêmico até final do século XX indicavam que a indústria automotiva, não obstante os vultuosos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) direcionados a tecnologias de segurança, eletrônica embarcada, ergonomia e *design*, insistiam em perpetuar a tecnologia *core* do veículo, qual seja, da sua motorização a combustão interna (MCI), dependente dos combustíveis fósseis (CHANARON, 1988; MILLER, 1994). É fato que, em especial a partir dos anos 1970, fortaleceu-se uma tendência liderada pela indústria automotiva em promover a eficiência energética dos veículos, mas sem alterar a dependência dos MCI.

Na virada do século, entretanto, os veículos passaram a ser alvo de controles mais restritivos por parte dos governos, visando a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e do material particulado que é liberado durante a queima de combustíveis fósseis. O controle das emissões veiculares tem como motivadores metas ambientais, atreladas a compromissos internacionais de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, assim como o desafio da melhoria da qualidade de vida e saúde nos centros urbanos. Isso

1 Este artigo é resultado de pesquisa desenvolvida a partir do Projeto “Eletromobilidade e Recursos Energéticos Distribuídos: Plataforma para Ambientes Urbanos Inteligentes e Modelos de Negócios Viabilizadores”, conduzido por meio de P&D Estratégico nº 022/2018, com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia) e o LEVE – Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico do Instituto de Geociências da Unicamp.

se justifica quando se observa que o setor de transporte responde em média por cerca do 25% das emissões globais² de CO₂.

Estas informações clamam pela necessidade de medidas direcionadas à descarbonização do setor de transporte, alertando para a necessária transformação na indústria automobilística, situação que coloca em xeque a principal tecnologia deste setor, o MCI. Neste contexto, novas alternativas para a mobilidade concorrem para substituir o modelo ora estabelecido. É nessa dimensão que os veículos elétricos (VE) passam a ganhar maior centralidade e importância. Por se tratar de veículos que são zero ou baixa emissão, os VE apresentam-se como um dos pilares dessa nova configuração e como alternativa aos veículos movidos por combustíveis fósseis³.

A saber, o ano de 2020 acumulou um estoque mundial superior a 10 milhões de VE comercializados do tipo bateria “puros” (VEB) e híbridos *plug-in* (VEHP), que se alimentam com energia elétrica; veículos híbridos, sem conexão com a rede elétrica, não estão contabilizados neste estoque. Trata-se ainda de números modestos se comparados com os volumes de vendas de veículos com MCI, próximos de 80 milhões por ano (International Organization Of Motor Vehicle Manufacturers, OICA, 2021), porém surpreendentes se considerar que o estoque mundial de VE em 2010 era pouco superior a 10 mil. Nesta direção, percebe-se uma ampliação desse processo, que se torna multimodal, com a presença de modelos pesados, especificamente ônibus elétricos a bateria, que em 2020 alcançaram um estoque global aproximado de 600 mil unidades e caminhões elétricos, com 31 mil, além da expansão dos veículos levíssimos, com destaque para as bicicletas e patinetes elétricos (International Energy Agency, IEA, 2021) (vide Figura 1).

Entretanto, se por um lado os VE representam ganhos para a questão ambiental e qualidade de vida, em especial nos centros urbanos, por outro, a expansão desta tecnologia é desigual entre os países, com predomínio de China, dos Estados Unidos e de alguns países europeus. Ademais, a expansão deste mercado encontra inúmeras resistências que vão além do seu custo mais elevado. Isso ocorre, pois a mobilidade elétrica, ao representar uma

2 Para informações sobre emissões, consultar:
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en
<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

3 Define-se veículo elétrico como aquele cuja propulsão de pelo menos uma de suas rodas ocorre por meio de um motor elétrico. Na sua configuração básica, temos quatro versões para os veículos elétricos: VE a bateria (VEB) e VE híbrido *plug in* (VEHP), ambas versões com conexão à rede elétrica, VE híbrido (VEH), sem conexão com a rede elétrica, e os Veículos Elétricos de Célula a Combustível (VECC), que se utilizam do hidrogênio como combustível.

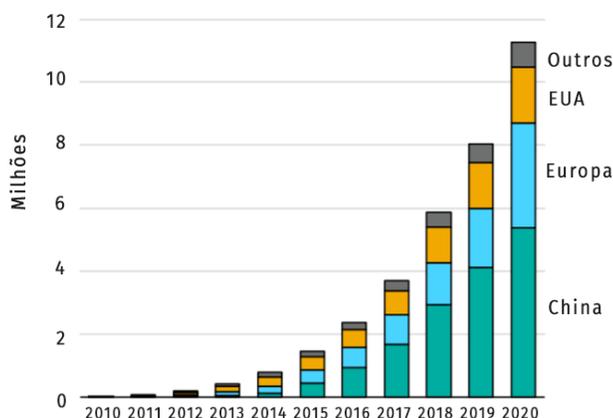


Figura 1. Evolução do estoque de veículos elétricos (2010-2020)

Fonte: IEA (2021).

tecnologia que é de ruptura, se confronta com um sistema sócio técnico já estruturado, pautado na trajetória dos veículos com MCI; tal transição tende a ser mais efetiva e rápida caso se apoie nas ações de política pública coordenadas para este fim (CONSONI et al., 2018).

É neste contexto que se torna necessário refletir sobre o avanço da mobilidade elétrica no Brasil, e sobre quais têm sido as tendências e direcionamentos das políticas públicas com potencial para acelerar este processo de transição para a descarbonização no setor de transporte. A proposta deste capítulo é aprofundar na compreensão destas questões. Para tanto, a discussão se apoia em um estudo mais amplo que se dispôs a olhar para o contexto da América Latina (AL) de forma a identificar os vetores e motivações da transição para a mobilidade elétrica e na sequência, olhar para o caso brasileiro.

Além desta introdução, o artigo encontra-se organizado em outras cinco seções. A seção 2 traz uma visão geral sobre a AL com destaque para as ações e mecanismos políticos, tais como planos e metas que direcionam e estimulam a mobilidade elétrica. Na sequência, detalham-se os casos de países latino-americanos que estão sendo protagonistas nesta transição. A proposta é dar ênfase aos instrumentos e ações que estão promovendo esta mudança em convergência com as motivações colocadas. Na seção 4 apresentam-se ações sobre o contexto, os números e as políticas públicas que orientam a promoção da mobilidade elétrica no Brasil, com menção às empreendidas por cidades brasileiras. A seção 5 é um esforço de síntese em pensar a mobilidade elétrica na AL para, então, apresentar os desafios e oportunidades evidenciados para a região, nas considerações finais deste estudo (seção 6).

Contexto latino americano e as motivações para a mobilidade elétrica

Em média, na América Latina e Caribe, 81% da população mora nas cidades, razão pela qual é considerada uma das áreas mais urbanizadas do mundo depois da América do Norte, com 83% (THE WORLD BANK, 2020). Esta situação cria grandes demandas para o setor de transportes que, ainda fortemente dependente de combustíveis fósseis, respondeu por 15% das emissões de GEE em 2018 (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, PNUMA, 2019).

Neste contexto, a descarbonização dos sistemas de transporte é uma das principais motivações para o estímulo à mobilidade elétrica na região, o que fica evidenciada pelos países nas suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), as quais estabeleceram objetivos mais ambiciosos em relação ao combate às mudanças climáticas. Dos 33 países da região, 27 priorizaram o setor transporte para cumprir as metas de redução de emissões e 13 mencionaram a mobilidade elétrica como um elemento central para cumprir com os compromissos internacionais de descarbonização dos sistemas de transporte (PNUMA, 2021).

Uma vantagem adicional para o estímulo à transição para a mobilidade elétrica está no predomínio de uma matriz energética e elétrica limpa na região. As energias renováveis representam 58% da capacidade instalada total, sendo a energia hidroelétrica a fonte mais importante com 46% (PNUMA, 2019). Por sua vez, as energias renováveis não convencionais têm duplicado sua capacidade instalada desde 2012, respondendo por 15% do total em 2020 (BID, 2021).

Outro aspecto de destaque é a presença de recursos minerais como cobre e lítio, insumos fundamentais para a produção de VE e baterias. Segundo estatísticas do U.S Geological Survey (2021), no mundo há aproximadamente 86 milhões de toneladas de reservas de lítio. Três países da AL detêm as maiores reservas de lítio do mundo: Bolívia com 24% do total (21 milhões de toneladas), Argentina com 22% (19,3 milhões de toneladas), e Chile com 11% (9,6 milhões de toneladas). Em relação ao cobre, o Chile se coloca como líder nas reservas mundiais com 200 milhões de toneladas, ou 23% das reservas mundiais, Peru, com 92 milhões de toneladas (10%) e o México com 53 milhões de toneladas (6%). A existência destas reservas pode ser uma oportunidade para desenvolver novos negócios para a fabricação local de componentes para VE e integração na cadeia de valor global.

Em relação às políticas públicas de estímulo à eletromobilidade, seis países já lançaram estratégias/planos nacionais de mobilidade elétrica com metas de curto, médio e longo prazos para a implementação de modais elétricos e da infraestrutura de recarga, e outros, como Argentina, Uruguai, México,

Paraguai, Guatemala e Honduras, estão trabalhando nesta proposta (PNUMA, 2021). Países com planos/estratégias já lançados incluem:

- **Costa Rica:** Plano Nacional de Transporte Elétrico (2018) e Lei No. 9518/2018 de incentivos e Promoção para o Transporte elétrico (MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA COSTA RICA; MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES; SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN SUBSECTOR ENERGÍA, 2018).
- **Chile:** Estratégia Nacional de Eletromobilidade (2018), sem Lei específica atrelada (MINISTERIO DE ENERGÍA; MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 2018). Em outubro de 2021 foi publicada uma atualização da Estratégia Nacional de Eletromobilidade, a qual foi elaborada a partir de um processo participativo junto com o setor público e privado (MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE, 2021).
- **Colômbia:** Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica (2019) e Lei 1.964 de 2019 para a promoção e o uso de veículos elétricos na Colômbia (CONGRESO DE COLOMBIA, 2019, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA; MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2019).
- **Panamá:** Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica de Panamá (2019), e o país está trabalhando na implementação de uma lei de apoio à mobilidade elétrica (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), MINISTERIO DE AMBIENTE DE PANAMÁ E SECRETARIA NACIONAL DE ENERGIA, 2019). Em outubro de 2021 foi publicada uma Lei que estabelece um marco normativo para o desenvolvimento e operação da mobilidade elétrica em Panamá. Esta lei define incentivos fiscais, metas para a troca de frotas oficiais e de transporte público e autoriza a comercialização de energia para a recarga de VE (PORTAL MOVILIDAD, 2021).
- **República Dominicana:** Plano Estratégico Nacional de Mobilidade Elétrica (2020) (Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT), BID (Banco Interamericano de Desarrollo), 2020).
- **Equador:** Estratégia Nacional de Eletromobilidade para o Equador (2021) (BID (Banco Interamericano de Desarrollo); ECUADOR, 2021).

A Figura 2 ilustra algumas das metas de eletrificação estabelecidas por estes países.

A Figura 3 resume os eixos temáticos presentes nos planos/estratégias nacionais de mobilidade elétrica dos países da AL. Dentre as convergências,

Chile



100% do transporte público elétrico para 2050
40% do transporte privado elétrico para 2050

Colômbia



600 mil veículos elétricos leves para 2030
100% dos novos ônibus devem ser elétricos ou de zero emissões para 2035
30% das frotas do governo devem ser elétricas para 2025

Costa Rica



70% dos ônibus e taxis zero emissões para 2035 e 100% para 2050
25% da frota de veículos leves deve ser zero emissões até 2035 e 60% para 2050

Equador



Metas para 2040:
60-70% ônibus elétricos
55-60% taxis elétricos
30-40% caminhões de carga
20-25% VE leves

Panamá



Metas para 2030:
10- 20% veículos elétricos leves
25-40% das vendas de VE leves
15-35% ônibus elétricos
25-50% veículos elétricos para frotas oficiais

República Dominicana



Metas para 2050:
100% veículos elétricos para frotas oficiais
70% veículos elétricos leves
100% ônibus elétricos
50% caminhões elétricos last-mile

Figura 2. Metas de mobilidade elétrica em países da América Latina.

Fonte: Elaboração própria com base nas respectivas estratégias nacionais de mobilidade elétrica.

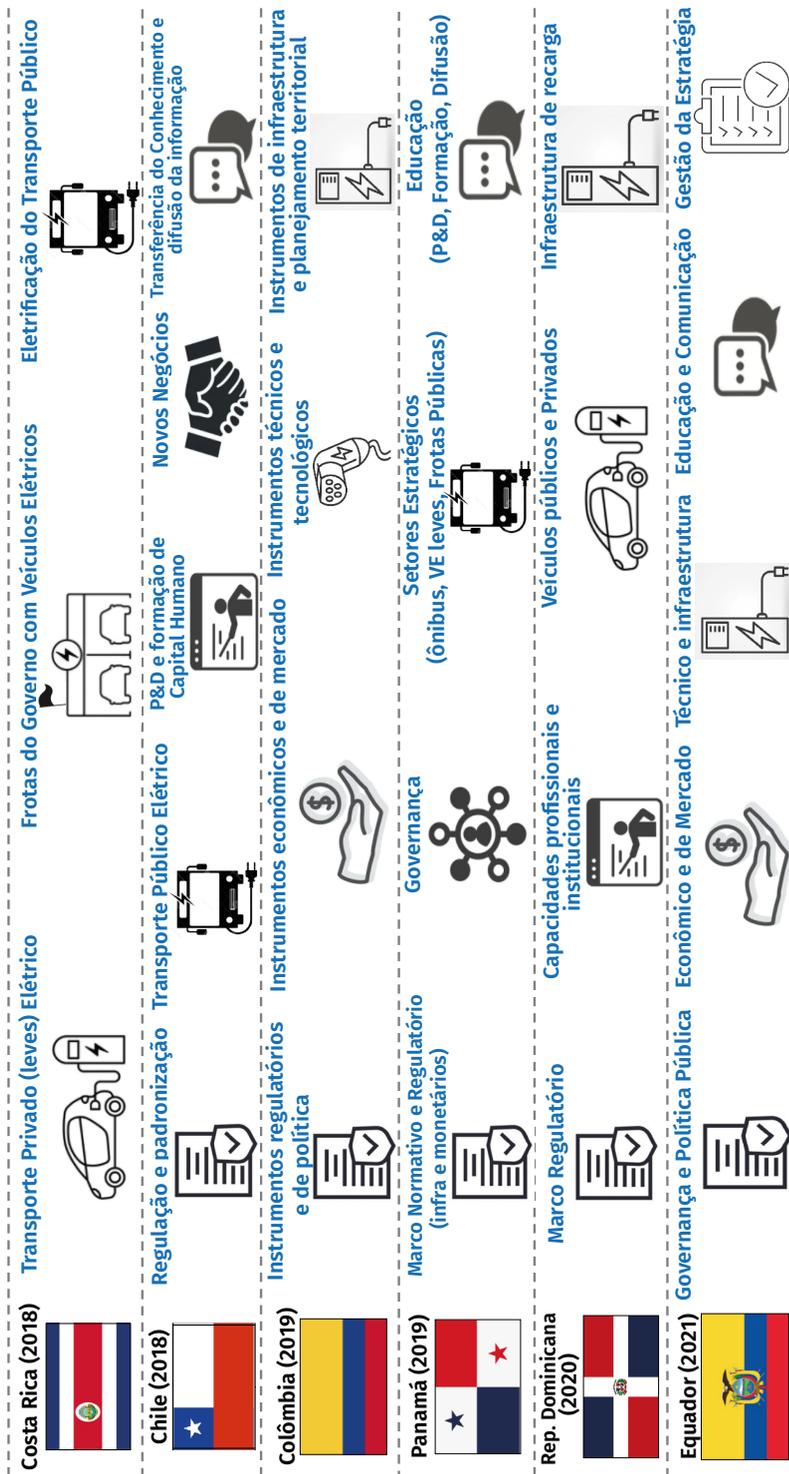


Figura 3. Eixos temáticos das Estratégias de Mobilidade Elétrica dos Países da América Latina.

Fonte: Elaboração própria com base nas respectivas estratégias nacionais de mobilidade elétrica.

consta a necessidade de estabelecer um marco normativo e instrumentos regulatórios para o desenvolvimento, fomento e operação da mobilidade elétrica em cada país. Ademais, estes documentos definem setores estratégicos para o impulso da mobilidade elétrica, com destaque para o transporte público e as frotas estatais.

Além disso, estes documentos definem um conjunto de instrumentos monetários e não monetários para a promoção do mercado dos VE, com foco na criação de novos negócios. Outros destaques incluem: a infraestrutura de recarga e a definição de diretrizes técnicas e de padronização. Tais instrumentos são fundamentais para sinalizar o mercado da mobilidade elétrica, o que também está diretamente relacionado com o planejamento territorial para a instalação da infraestrutura de recarga pública.

Não menos importante estão os mecanismos de difusão e de comunicação sobre os benefícios da mobilidade elétrica, assim como programas de P&D e de formação de capacidades profissionais e institucionais.

O estabelecimento de estratégias/planos/lei de mobilidade elétrica em diferentes níveis e horizontes de tempo e com metas de longo prazo, é um instrumento chave para articular esforços, facilitar o diálogo entre os diferentes atores e promover ações coordenadas para esta transição. Estes instrumentos têm sido fundamentais para o crescimento do número de VE com destaque para os ônibus elétricos a bateria nos países da região. Além disso, o estabelecimento destes planos ajuda a reduzir as incertezas acerca dos VE, necessário para empreender novos negócios em torno da mobilidade elétrica.



Figura 4. Associações de Mobilidade Elétrica na América Latina.

Fonte: Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA), 2019 e sites das respectivas associações de mobilidade elétrica da América Latina.

Além dos planos/estratégias, também tem destaque as associações de mobilidade elétrica já conformadas na maioria dos países da região, as quais estão agrupadas no ALAMOS (Asociación Latinoamericana de Movilidad Sostenible) (vide Figura 4).

Estas associações, embora com diferentes estruturas de organização, envolvem: montadoras de veículos, importadores de VE, centros de P&D, universidades, usuários, empresas de energia elétrica e de infraestrutura, entre outros. Uma das principais ações dessas associações é a difusão de conhecimento e informações sobre os benefícios da mobilidade elétrica e o intercâmbio de experiências sobre a implementação de projetos piloto. Permanentemente, fazem palestras virtuais (*webinars*) e conferências para apresentar os avanços dos países e das cidades em torno desse tema.

Abordagem com foco em alguns países da América Latina

Feita a caracterização da mobilidade elétrica na AL, esta seção busca detalhar algumas das experiências em curso nos países da região. A escolha dos casos se orientou, tanto em função do protagonismo dos mesmos no tema da mobilidade elétrica (como Chile, Colômbia e Costa Rica) assim como um olhar para países que se destacam como grandes produtores de veículos (casos de Argentina e México). Na sequência, tratamos do caso brasileiro na seção 4.

Chile

Chile tem uma população de quase 20 milhões de habitantes, dos quais 88% vive em áreas urbanas (Instituto Nacional de Estadísticas, INE, 2018). As principais atividades econômicas estão relacionadas com serviços empresariais, indústria manufatureira, comércio e mineração, especificamente mineração de cobre. Como já foi apresentado, o Chile tem grandes reservas de minerais que integram a fabricação de baterias, como cobre e lítio. Além disso, o país tem recursos como cobalto e magnésio, mas que ainda não são explorados em grande escala.

O Chile é um dos países com maior número de tratados de livre comércio (TLC) assinados no nível mundial, posição que divide com México. O país não tem indústria automobilística nacional e todos os veículos em circulação são importados de países em que vigora tais acordos comerciais. Em 2020, no segmento de veículos leves e de porte médio, 25% veio da China, seguido por Coreia do Sul (10%), Índia (10%), Japão (9%), Brasil (8%) e México

(7,5%). No segmento de caminhões, o Brasil é o principal país de origem com 37% das importações, seguido do Japão (19,5%) e da China (12%) (Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G., ANAC, 2021).

Dados do INE indicam que até 2020 circulavam no país 5.591.145 veículos, o que corresponde a uma taxa de motorização de 270 veículos para cada mil habitantes (CONSEJO POLÍTICAS DE INFRAESTRUCTURA, 2021); deste total de veículos, 39% circulam na capital, Santiago do Chile (INE, 2021). Os VE, até agosto de 2021, somavam 2.246 unidades, dos quais 1.394 são VE leves e de porte médio, 840 ônibus elétricos a bateria (urbanos e rodoviários), e 12 caminhões elétricos (MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE, 2021).

O caso chileno tem sido destaque internacional na inserção de ônibus elétricos a bateria, principalmente no sistema de transporte público da cidade de Santiago. Ainda em 2013, Santiago deu início à implementação de projetos pilotos com ônibus elétricos a bateria, com o alvo de testar o desempenho destas tecnologias, os custos de manutenção e sua operação na cidade.

Em 2018 foram criadas parcerias público-privadas (PPP) entre empresas de energia elétrica (ENEL X e ENGIE), empresas montadoras chinesas (BYD e Yutong) e operadores de frota (Metbus, Buses Vule e STP), para a implementação em larga escala de ônibus elétricos a bateria. Estes atores criaram um novo modelo de negócio, cuja base é um acordo entre privados, e no qual o papel do Estado, é só de garantir. Este modelo logo deu passo as reformas realizadas pelo governo ao sistema em uso. Assim, nas seguintes licitações, o CAPEX (*capital expenditure*), ou seja, o custo de aquisição dos ônibus elétricos, foi separado do OPEX (*operational expenditure*), custo para operar os ônibus. A reforma realizada também incluiu um mínimo de veículos limpos-elétricos e com combustível dentro da norma Euro VI- nos futuros processos de licitações. O governo outorga as garantias para o pagamento mensal do *leasing* dos ônibus e do governo local, que fornece apoio ativo para garantir o sucesso do aumento da escala, especificamente para a construção da infraestrutura de recarga (WORLD BANK, 2020). Em números de eletropostos, até agosto de 2021 o Chile registrou 818 carregadores, tanto para veículos leves como para ônibus elétricos a bateria, concentrados sobretudo na capital Santiago. (MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE, 2021).

Neste contexto, é importante salientar o papel das políticas públicas com destaque para quatro delas:

- **Ruta Energética 2018-2022:** Este documento é a atualização do documento Energia 2050 formulado em 2014, a qual define metas para aumentar a frota de VE no país, e aprimorar a regulamentação e as normas para a recarga dos VE e da sua interoperabilidade. Tem destaque o “Eixo

5. Transporte Eficiente: energia em movimento”, o qual estabelece estratégias de transição para uma economia de baixo carbono no setor de transporte, com ênfase na eletromobilidade. A meta para 2022 é aumentar pelo menos em 10 vezes o número de VE (em relação a 2017) e mais 150 postos de recarga até 2019. Algumas das estratégias contempladas são: i) Etiquetagem de eficiência energética para veículos leves e pesados; ii) Incorporação de padrões de eficiência energética nas renovações da frota de transporte público; iii) Projetos de pesquisa encaminhados à geração de novos negócios no âmbito da eletromobilidade, através de projetos de cooperação entre instituições públicas e privadas; iv) Plataforma *web* de eletromobilidade com informação necessária para a tomada de decisões: custos de investimentos, custos de operação, custos de manutenção, entre outros (MINISTERIO DE ENERGÍA, 2017).

- **“Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica: un camino para los vehículos eléctricos”**: Esta estratégia, liderada em conjunto por três ministérios: Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Energia e Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, também contou com a colaboração de atores públicos e privados nacionais e internacionais. De destaque, a Estratégia traz metas específicas para o estímulo da mobilidade elétrica no Chile para 2050: 40% dos veículos individuais e 100% do transporte público urbano deverão ser elétricos. Em relação ao Transporte Público, uma das estratégias estabeleceu a obrigatoriedade da incorporação de ônibus elétricos a bateria nas bases da licitação para o transporte público coletivo de Santiago de Chile, Transantiago. Como resultado, em 2021 foi outorgada a licitação para a aquisição e operação de aproximadamente 1.000 ônibus elétricos a bateria, que vão se somar aos ônibus elétricos que já operam nesta cidade.
- **Neutralidade de Carbono para 2050 (2020)**: Em 2020 o Chile atualizou sua NDC e adquiriu o compromisso de alcançar a neutralidade dos GEE até 2050. Para tanto, o país definiu diversas ações setoriais e de política pública. Em relação à mobilidade elétrica, a nova NDC atualiza as seguintes metas: 58% de veículos elétricos leves para 2050, 100% dos taxis elétricos para 2040-2050 e 100% de transporte público para 2040. Além disso, estabeleceu um *roadmap* segundo o qual 85% do transporte de carga e 10% do transporte aéreo até 2050 devem utilizar hidrogênio (BID, 2021).
- **Lei de Eficiência Energética (2021)**: Esta Lei, publicada em 2021, contempla medidas para reduzir 35% das emissões de GEE. Contempla padrões de eficiência energética para os veículos novos e a renovação do

parque automotivo com veículos mais eficientes, com ênfase em VE. Os responsáveis pelo cumprimento desta lei são os importadores e representantes comerciais dos veículos comercializados no Chile (MINISTERIO DE ENERGÍA, 2021a).

- **Atualização da Estratégia Nacional de Eletromobilidade (2021):** Em outubro de 2021 foi atualizada a Estratégia Nacional de Movilidad Eléctrica publicada no ano de 2018. A nova versão da Estratégia foi liderada pelo Ministério de Energia, trata-se de uma política de Estado que tem como objetivo elaborar um roadmap para avançar no desenvolvimento do transporte sustentável. Além disso, foram estabelecidas metas ainda mais arrojadas em comparação com a anterior estratégia e se definem diretrizes e acordos nacionais e internacionais para acelerar a mobilidade elétrica no Chile. As novas metas estabelecidas nesta estratégia são: i) 100% dos novos ônibus devem ser elétricos em 2035; ii) 100% das vendas de veículos leves devem ser elétricos em 2035; iii) 100% das vendas do transporte de carga e transporte elétrico devem ser elétricos em 2045.

Além deste arcabouço político, o Ministério de Energia criou a Plataforma de Eletromobilidade que tem como objetivo gerar espaços de transferência do conhecimento e difusão da informação necessária para que os atores possam tomar decisões sobre a eletromobilidade. O *site* apresenta informação sobre os conceitos da eletromobilidade, experiências de implementação no Chile e no mundo, informação técnica e os desafios sobre a eletromobilidade, entre outros (MINISTERIO DE ENERGÍA, 2021b).

Outra iniciativa de destaque é o “Compromisso Público-Privado pela Eletromobilidade”, que é uma declaração de intenções que atores públicos e privados apresentam à sociedade e aos ministérios de Energia, Transporte y Telecomunicações e Meio Ambiente. O seu objetivo é gerar uma instância onde as partes interessadas apresentam suas iniciativas para avançar de forma colaborativa e coordenada. Os compromissos estão organizados em seis categorias: i) oferta de VE; ii) frotas de VE; iii) estações de recarga; iv) pesquisa e capital humano; v) financiamento e serviços; e vi) desenvolvimento de políticas públicas e difusão (PLATAFORMA DE ELECTROMOVILIDAD, 2021).

Neste contexto, se evidencia o compromisso não só do governo do Chile, mas também de todos os *stakeholders* envolvidos nesse tema, para avançar na transição para eletromobilidade, com metas de médio e longo prazos e identificando os responsáveis pela sua implementação.

No que tange ao papel das cidades, como já apresentado, Santiago lidera a eletrificação do sistema de transporte público e segue as diretrizes estabelecidas pela Estratégia Nacional de Eletromobilidade. Em relação à infraestrutura de recarga para VE, a Agencia de Sostenibilidad Energética do Chile (ASE), coordena um projeto público-privado entre a Corporación de Desarrollo Regional de Santiago e a empresa distribuidora de combustíveis, COPEC⁴, para a instalação de 104 pontos de recarga na Região Metropolitana de Santiago. Neste projeto, as estações de recarga são tratadas como bens nacionais de uso público, que precisam de uma concessão por parte de cada município, e COPEC é a responsável pela construção e operação da rede de recarga (AGENCIA DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA, 2021).

Colômbia

Colômbia tem uma população de um pouco mais de 48 milhões de habitantes, dos quais 84% residem nos centros urbanos (DANE, 2021). O país conta com três montadoras de veículos, General Motors Colmotores (Isuzu, Volvo, Chevrolet), SOFASA Renault, Hino Motors do Grupo Toyota e sete montadoras de motocicletas, além da presença de várias empresas de autopeças e carrocerias para ônibus (AND, 2021).

Em agosto de 2021, o país registrava 16.480.000 veículos, sendo 60% motocicletas e 40% entre veículos leves, caminhões e ônibus (RUNT, 2021). A taxa de motorização da Colômbia no ano 2020 foi de 315 veículos por cada mil habitantes (RUNT (Registro Único Nacional de Tránsito), 2020) Em relação aos VE, agosto de 2021 registrou um estoque de 19.937 unidades, todas importadas, sendo: 14.021 unidades de VEH, 3.837 de VEB, e 2.079 de VEHP (ANDEMOS, 2021). Quanto à infraestrutura de recarga, são 337 públicos, localizados em 148 estações de recarga, a maioria dos quais são do Tipo 2 (85) e Tipo 1 SAE J1772 (76) (ELECTROMAPS, 2021).

O estímulo à mobilidade elétrica na Colômbia tem sido impulsionado por um conjunto de leis, normativas, decretos e estratégias. No nível nacional tem destaque quatro políticas:

- **Política Nacional de Mudanças Climáticas (2017):** Estabeleceu como um dos objetivos específicos, identificar e avaliar medidas de mitigação de emissões, incluindo incentivos aos veículos elétricos, veículos de baixa-emissão e implementação de modais de transporte não motorizados (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2017).

⁴ Ver <https://ww2.copec.cl/>

- **Política de Crescimento Verde da Colômbia (CONPES 3934/2018):** Estabeleceu a necessidade de desenvolver um programa nacional de eletrificação para o transporte e uma estratégia de incentivos para a implementação de VE em frotas oficiais, transporte de carga, transporte público, táxis elétricos, VE leves e para o desenvolvimento e operação da infraestrutura de recarga (DNP, 2018a).
- **Política para o melhoramento da Qualidade do Ar (CONPES 3943/2018):** Busca melhorar as estratégias de prevenção, redução e controle da poluição do ar por meio do aumento do número de veículos limpos e da otimização dos incentivos tributários para os VE (DNP, 2018b).
- **Plano Nacional de Desenvolvimento (2018-2022) (Lei 1955/2019):** Principal documento de planejamento da Colômbia, o Plano é definido para cada período de governo. Este Plano estabeleceu como prioridade o aumento do número de veículos limpos, por meio de uma estratégia que considere instrumentos financeiros; programa de troca dos veículos oficiais do governo por veículos elétricos e híbridos; incorporação de ônibus de baixa-emissão nos sistemas de transporte público das cidades, os quais serão co-financiados pelo governo nacional; e redução de impostos de importação para os veículos limpos (DNP, 2018c).

Todos estes documentos sinalizam a necessidade de criar uma estratégia de caráter nacional para o estímulo à mobilidade elétrica. Assim, em 2019, foi publicada a Lei 1964/2019 a qual busca “gerar esquemas de promoção ao uso de VE e de zero-emissões, com o objetivo de contribuir com a mobilidade sustentável e a redução de emissões de poluentes e GEE” (CONGRESO DE COLOMBIA, 2019).

Os principais mecanismos de promoção ao uso de VE definidos pela Lei 1964/2019 estão relacionados com incentivos financeiros como redução nos impostos dos VE e descontos na Revisão Técnico-Mecânica e no Seguro Obrigatório de Acidentes de Trânsito (SOAT), os quais são obrigatórios para todos os veículos que circulam na Colômbia. Além disso, as entidades territoriais (municípios e estados) podem aplicar descontos em impostos, isenções tributárias, tarifas diferenciadas nos estacionamento, entre outros incentivos.

Entre os incentivos não monetários, os VE estão isentos das medidas de restrição de circulação, tais como o rodízio (*pico y placa*), o dia sem carro (medida adotada até duas vezes por ano nas principais cidades do país) e as restrições de circulação ante emergências ambientais ligadas a qualidade do ar. Também foram estabelecidas zonas preferenciais de estacionamento

para VE de até 2% em localidades públicas e estabelecimentos comerciais, conforme Decreto 191/2021 do Ministério de Transporte (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2021).

Quanto à infraestrutura de recarga, a Lei 1964/2019 determina a instalação de no mínimo cinco estações de recarga rápida nos municípios com mais de 500 mil habitantes, e de 20 estações de recarga na cidade de Bogotá. A instalação das estações de recarga é responsabilidade dos municípios, assim como o uso do espaço público para este fim. O funcionamento das mesmas deve ser garantido pelas empresas de energia elétrica que prestam o serviço em cada município. Além disso, o governo regulamentou a instalação da infraestrutura de recarga nas estações de serviço (postos de gasolina) por meio da Resolução 40405/2020 do Ministério de Minas e Energia (MME) (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 2020). Ademais, a Lei estabelece que devem ser definidas as diretrizes técnicas para garantir a instalação da infraestrutura de recarga nos novos prédios de uso residencial e comercial, tanto para os construtores como para as empresas de energia elétrica.

Dado que não há produção local de VE na Colômbia, consta na Lei que todas as empresas importadoras de VE devem garantir a importação das autopeças e componentes necessários para reposição e manutenção destes veículos.

A Lei também contempla as seguintes metas: em 2025, no mínimo 30% das frotas públicas ou contratadas pelas entidades do governo nacional ou local devem ser elétricas. Cidades com Sistemas de Transporte Massivo (BRT, pela sua sigla em inglês), devem garantir que 100% dos ônibus sejam elétricos ou de baixa emissão a partir de 2035.

De forma simultânea à publicação da Lei 1964/2019, foi publicada a **Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica (ENME)** da Colômbia, com o objetivo geral de: “Definir as ações que permitam acelerar a transição para a mobilidade elétrica, com a meta de incorporar 600.000 veículos elétricos até 2030” (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE et al., 2019). Os objetivos específicos para cumprir esta estratégia são: i) Estabelecer o marco regulatório e de política que permita a promoção da mobilidade elétrica no país, ii) Revisar e gerar mecanismos econômicos e de mercado necessários para a promoção da mobilidade elétrica no país, iii) Estabelecer as diretrizes técnicas que devem ser desenvolvidas para a promoção de tecnologias elétricas nos diferentes segmentos do transporte, iv) Definir as ações que permitam o desenvolvimento da infraestrutura de recarga de veículos elétricos no país.

É importante salientar que estas políticas e instrumentos de estímulo à mobilidade elétrica, têm sido liderados de forma coordenada por três órgãos públicos: Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Ministerio de Minas e Energia, especificamente pela Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

Para o caso específico das cidades, os governos locais seguem as diretrizes estabelecidas ao nível nacional, mas possuem autonomia para definir estratégias específicas e regulamentações para a implementação dos sistemas de recarga pública para VE, a troca das frotas oficiais por VE, e a inserção de ônibus de zero e baixas emissões nos seus sistemas de transporte público.

No caso de Bogotá, tem destaque a **Declaração da Emergência Climática** por parte do Concejo de Bogotá (Câmara dos Vereadores), a qual reconhece o tema como assunto prioritário de gestão pública e coloca diretrizes para a adaptação, mitigação e resiliência frente às mudanças climáticas. Bogotá adotará medidas urgentes para substituir o uso de combustíveis fósseis nos sistemas da cidade com o objetivo de diminuir em 50% as emissões de GEE até 2030 (CONCEJO DE BOGOTÁ, 2020). Um dos pontos mais importantes da Emergência Climática é que a partir de 1 de janeiro de 2022 a Prefeitura de Bogotá só poderá fazer licitações e/ou contratar sistemas de transporte público com ônibus elétricos a bateria para o sistema BRT Transmilenio.

A Declaração da Emergência Climática tem sido um forte estímulo para acelerar a transição para a mobilidade elétrica no sistema de transporte público, que já tem contratados 1.485 ônibus elétricos a bateria por meio de licitações públicas, deste total, 483 unidades já estão em operação (TRANSMILENIO, 2020).

Costa Rica

A Costa Rica, localizada na América Central, apresenta relevo acidentado e florestas tropicais, com litoral para o Caribe e o Pacífico. O país, com uma matriz elétrica praticamente 100% renovável, conta uma população de 5 milhões de habitantes (COUNTRYMETERS, 2021) e cerca de 2 milhões de automóveis.

Similar a outros países latino-americanos, Costa Rica apresenta problemas de natureza climática e ambiental devido à forte dependência dos combustíveis fósseis. Apenas o setor de transportes é responsável por 54% das emissões de CO₂, das quais 41% são provenientes do transporte individual motorizado (SEPSE, 2021). Logo, implantar iniciativas de transição para o

setor de transporte menos intensivo em carbono pode contribuir para reduzir de forma significativa as emissões totais.

Deste modo, as preocupações com as emissões encontram-se no cerne das políticas e da agenda do país, que já vem de longa data implementando ações no combate às mudanças climáticas, por meio da liderança assumida pelo governo nacional. Em 2007, a Costa Rica consagrou-se como o primeiro país latino-americano a se comprometer com a neutralidade climática. Desde então, o país tem sido reconhecido mundialmente pelos planos e políticas arrojadas em relação às mudanças climáticas. Em 2019, a Costa Rica recebeu o Prêmio Campeões da Terra de 2019, o maior prêmio ambiental da ONU, por seu papel na proteção da natureza e seu compromisso com políticas ambiciosas para o combate da mudança climática. O país também se destaca por ter apresentado a sua NDC em conformidade com o objetivo de 2°C do Acordo de Paris, em 2015.

É nessa perspectiva que a eletrificação tem se colocado, como alternativa no combate às mudanças climáticas e emissões. A frota de veículos elétricos encontra-se em ascensão desde 2010. Em 2020, o registro de carros elétricos cresceu 77% (PNUMA, 2021). O país também conta com uma das mais extensas redes de recarga de bateria rápida da AL. Estima-se que existam cerca de 191 conectores de recarga públicos/privados instalados no país, majoritariamente (116) do tipo 1 (SAE J1772), distribuídos em 143 localizações.

Esses números são reflexo das políticas implementadas pelo Estado, sobretudo devido ao arcabouço normativo consolidado no país. Logo de início, se destaca a Lei nº 9.518, promulgada em 6 de fevereiro de 2018, intitulada como “Lei de incentivos e promoção do transporte elétrico”, cujo objetivo é promover, por meio de incentivos econômicos e práticos, o uso do transporte elétrico no país. Nessa perspectiva, destaca-se a isenção de impostos aplicada ao valor do veículo e a isenção ao pagamento de parquímetros para veículos elétricos. Ainda no âmbito deste marco regulatório para eletromobilidade, também ficou estabelecido a substituição gradativa da frota de ônibus convencionais (movido a combustão interna) por ônibus elétricos a uma taxa mínima de 5% para cada dois anos, além de incentivos fiscais para os VE. Especificamente, o capítulo II do plano estabeleceu a obrigação do Ministério de Ambiente e Energia (MINAE) de formular e executar o Plano Nacional de Transporte Elétrico (PNTE).

Em novembro de 2018, o governo emitiu um novo pacote de decretos e uma diretriz, como complemento à Lei 9.518, para ampliar os incentivos fiscais e não fiscais para veículos híbridos e elétricos, além de estabelecer novas

metas, como: isenção total ou parcial de IVA⁵, e isenção parcial e escalonada do Imposto sobre Propriedades de Veículos Automotores por 5 anos, sendo: 100% de exoneração no primeiro ano, 80% no segundo, 60% no terceiro 60%, 40% no quarto, e 20% no quinto ano. Há também incentivos para a compra de veículos híbridos/elétricos usados.

Também se destaca o papel dos planos nacionais para a promoção da mobilidade elétrica. O Plano Nacional de Descarbonização (2018-2050)⁶, considerado um documento estratégico com ações chave para consolidar o processo de descarbonização da economia costarriquenha, estabelece as rotas de transformação para assumir os compromissos adquiridos a nível internacional, especificamente os Objetivos da Agenda 2030 e do Acordo de Paris, com horizonte até 2050.

Sendo o transporte um dos setores que mais contribuem para as emissões de GEE na Costa Rica, o plano propõe uma transformação neste setor, no qual a eletrificação desempenha um papel fundamental. Destacam-se, sobretudo, as metas de eletrificação para o transporte público e o transporte individual motorizado: até 2035, 70% dos ônibus e táxis serão de baixa emissão. Até 2050, 100% do transporte público e dos táxis serão de baixa emissão. Em 2035, 25% da frota de veículos de passageiros (transporte individual motorizado) será elétrico, e, em 2050, 100% das vendas de novos veículos leves serão de veículos de baixa emissão.

Já o Plano Nacional de Transporte Elétrico (PNTE, 2018-2030) contempla um horizonte de planejamento de doze anos e descreve as ações para fortalecer e promover o transporte elétrico na Costa Rica. O PNTE está enquadrado na política energética, na descarbonização do transporte, na estratégia climática nacional e nos compromissos internacionais assumidos pelo país, sendo que a eletrificação do transporte, em todos os seus modais, é vista como uma estratégia para melhorar a qualidade do ar nas áreas urbanas (MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA COSTA RICA et al., 2018). O plano está estruturado em três objetivos estratégicos: substituir a frota nacional de veículos convencionais por VE, incorporar os VE à frota do Estado e desenvolver a eletrificação do transporte público. Ademais, o plano detalha o papel das instituições, órgão reguladores, secretarias, ministérios e empresas (públicas ou privadas) para a pulverização da eletromobilidade no país.

5 Consumo Seletivo e Imposto sobre o Valor Aduaneiro; caso o veículo seja comprado em uma concessionária, o preço final do veículo já contém essa isenção de imposto.

6 Oficializado em fevereiro de 2019, o plano é composto por dez eixos setoriais com pacotes de políticas em três períodos: início (2018-2022), inflexão (2023-2030) e implantação massiva (2031-2050), acompanhada por oito estratégias transversais para promover a mudança.

A partir deste contexto, fica evidente que as políticas públicas nacionais direcionadas à mobilidade elétrica são marcos regulatórios que articulam e direcionam as ações de diferentes atores, bem como sinalizam e definem metas claras para a expansão do mercado de VE pelo seu território. Salienta-se que os instrumentos apontam, especialmente, para a eletrificação do transporte público na transição rumo à mobilidade urbana de zero emissões.

Além da liderança do governo nacional da Costa Rica, se destaca o papel dos centros urbanos no estabelecimento e definições de políticas em relação à mobilidade elétrica. A capital do país, San José, por meio do Programa de Movilidad Urbana Sostenible, PIMUS, elaborado em 2017, desenha caminhos e objetivos estratégicos rumo à mobilidade urbana mais sustentável. A promoção da eletromobilidade é um eixo relevante para o PIMUS, pois, além de inevitável, a transição tecnológica é fundamental para alcançar a meta de neutralidade de carbono do país com energia renovável.

México

Com uma população de quase 110 milhões de pessoas, o México apresentava uma taxa de urbanização de 78% em 2010 com uma grande extensão territorial, que, entre os países da AL, somente é superado pelo Brasil e pela Argentina.

A taxa de motorização do México, por seu turno, demonstra aproximadamente 272 automóveis por mil habitantes, considerando uma ordem de grandeza de frota de 34 milhões de veículos para uma população de 126 milhões de pessoas, a considerar os dados de 2020 (INEGI, 2020, 2021). Deste modo, cabe ressaltar que a Taxa de Motorização mexicana é comparativamente menor em relação a outros países que também demonstram amplo mercado consumidor e com parques produtivos relevantes, como Estados Unidos, Japão e França, cujas taxas os colocam num patamar acima de 600 veículos por 100 habitantes, por exemplo (PNME, 2021). Logo, infere-se possibilidade latente de expansão do mercado consumidor interno mexicano, a comparar a média de consumo em outros países e o potencial de mercado a ser explorado localmente.

Como um dos elementos centrais da economia mexicana, destaca-se a indústria automotiva, posicionada como a sétima produtora global, com 3,2 milhões de unidades em 2020. Neste mesmo ano, cerca de 950 mil veículos foram comercializados internamente, sendo 24.405 unidades com motorização híbrida ou elétrica, o que representou 2,6% da venda de veículos leves no país. 31% dos VE foram vendidos para a cidade do México (INEGI, 2021).

Em termos da mobilidade elétrica, o mercado mexicano está num estágio inicial de desenvolvimento. Quanto à infraestrutura de carregamento, existem mais de 300 estações de abastecimento, na sua ampla maioria do tipo lento (AC), corroborando a implementação por equipamentos mais baratos se comparados ao tipo rápido (DC) (PLUGSHARE, 2021).

Contudo, se pelo lado do transporte privado elétrico via automóvel não há crescimento significativo, o mesmo não ocorre em relação ao transporte público eletrificado. Nas últimas duas décadas o México optou por implementar projetos de mobilidade elétrica com foco no transporte público via aplicação de trólebus, principalmente na capital, a Cidade do México, maior cidade do país e polo cultural, político e econômico. Com uma população de aproximadamente 9 milhões de habitantes, e uma área metropolitana com 21 milhões de habitantes (ICLEI, 2019), a Cidade do México se figura como um pólo agregador de fluxos de pessoas e bens no país (ICLEI, 2019 e WONG, 2010)⁷. Pode-se afirmar que a mobilidade para essa cidade é um ativo estratégico e fundamental para a fluidez do ecossistema social e econômico, aliás, não só deste local em si, como do país, haja vista que se trata da capital do país.

Como resultado, a Cidade do México é conhecida pela intensa poluição do ar e por apresentar um dos piores congestionamentos de tráfego do mundo. A eletrificação do sistema de transporte visa diminuir a poluição do ar gerada por veículos de forma geral e assim reduzir problemas de saúde pública, como busca mitigar as causas das mudanças climáticas (RESOURCE RENEWAL INSTITUTE, 2021). Como resultado, em 2021 estavam em operação 337 trólebus, ou cerca de 84% de todos os ônibus de baixa emissão do país (E-BUS RADAR, 2021). A intenção é que a Cidade do México, via poder local, adquira 500 novas unidades de trólebus até 2024.

A autoridade da Cidade do México, o *Servicio de Transportes Eléctricos*, é responsável pelas oito linhas de trólebus da cidade, que cobrem um total de 203 km, incluindo o “Corredor Ônibus-Bicicleta-Emissões Zero” (Ônibus Corredor Cero Emisiones – Bici), uma via dedicada para circulação compartilhada entre bicicletas e transporte público via trólebus elétrico, inaugurado em 2012.

Nesse sentido, um aspecto destacável no caso da cidade do México é que a articulação de atores se impõe de forma predominante a partir do direcionamento dado pela esfera pública. Estas ações locais dialogam com a regulação

7 Em 2017, por exemplo, todos os dias da semana, mais de 17,4 milhões de viagens ocorreram dentro e para a Cidade do México, com 2,25 milhões de viagens oriundas das áreas urbanas periféricas, como do Estado do México e Tizayuca. Nestas áreas periféricas a moradia é mais barata e é exatamente nesses lugares que habitam grande parcela da população que trabalha na região central, colocando mais pressão na questão da mobilidade.

do país como um todo, ao verificar o alinhamento existente entre o Arcabouço Institucional Nacional, que consiste num conjunto de diferentes estratégias, planos e programas implementados nos níveis federal e que servem como um quadro de referência para as ações locais (Cidade do México e região metropolitana), a saber:

- Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018.
- Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), 2015.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático 2014-2018.
- Estrategia Nacional de Calidad del Aire, 2017.
- Programa de Gestión Federal para Mejorar la Calidad del Aire de la Megalópolis PROAIRE de la Megalópolis 2017 – 2030, 2017.
- Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, 2016.

De caráter mais sistêmico e com metas mais claras, merece atenção a Estratégia de Eletromobilidade (2018), elaborado numa parceria entre C40 Cities Finance Facility (CFF), em colaboração com a Carbon Trust México e a própria Cidade do México e para seu usufruto, como norteador da política pública de fomento ao transporte elétrico. Esta Estratégia busca lançar as bases para o desenvolvimento de um programa de mobilidade elétrica, bem como articular outros esforços no tema tais como o combate às mudanças climáticas, melhora da qualidade do ar, redução de ruído, redução do congestionamento veicular e melhoria da oferta de transporte público.

O conjunto regulatório mexicano traz outros incentivos para a mobilidade elétrica tais como: os VE não pagam o imposto federal ISAN (Imposto Sobre Automóvel Novo)⁸, estão excluídos dos procedimentos de verificação veicular e podem circular diariamente fora do rodízio, ao contrário de outros veículos urbanos sujeitos a programas de alternância de placas, por exemplo. São, entretanto, políticas menos robustas e que reforçam o menor interesse em relação aos veículos a passageiros leves elétricos e híbridos.

Argentina

Na Argentina, país com cerca de 45 milhões de habitantes, 92% da população é urbana, sendo que 39% está na Região Metropolitana de Buenos Aires (INDEC, 2021). Os combustíveis fósseis na Argentina são usados, principalmente,

⁸ Similar ao IPVA brasileiro, por exemplo.

para a produção de energia elétrica e para o transporte. Em 2019, o setor de transportes representou 33% da demanda de energia do país. A taxa de motorização da Argentina é de 316 veículos por mil habitantes, com isso ocupa a 55ª colocação do Ranking Mundial, sendo o segundo país da AL, atrás somente de Porto Rico, país pequeno e protetorado estadunidense (INDEC, 2021 e OICA, 2017).

Quanto aos modais elétricos, em 2019 foram registrados 1.548 VE. Em 2020, se ampliou para 2.383 e até o fim de agosto de 2021, foram 3.760 registros. Os dados desagregados mostram o predomínio dos veículos híbridos (não *plug-in*), tecnologia que representa 99% do total dos VE no país, situação parecida com o Brasil e México (PORTALUPPI, 2021; SIOMMAA, 2021).

Ainda que a Argentina não tenha um plano/ estratégia para o tema⁹, o *status* atual da eletromobilidade no país começa a ser transformado em termos das políticas públicas. Nos últimos anos, observa-se ações pontuais, tanto no nível nacional como local, colocando o tema na pauta das discussões.

A partir de 2017, políticas mais direcionadas à mobilidade elétrica tiveram início, com destaque para três ações institucionais: i) *Plano de Ação Nacional para Transporte e Mudança Climática (2017)*, ii) a determinação da obrigatoriedade de informações sobre energia e desempenho de emissões (*Resolução 191-E/2017*)¹⁰, e iii) o direito de importação extrazona (*Decreto 331 / 2017*). Vale dizer, apenas a última ação listada faz explicitamente referência aos VE, as demais estão ligadas à baixa emissão e não direcionam os atores necessariamente para a tecnologia de eletrificação.

Na sequência, se apresentam outros destaques que vão adicionando espessura ao corpo institucional do país e caminhando na direção da transição energética do setor de transporte. Em 2018, tem-se o *Programa de Transporte Inteligente Argentina (2018)*. Em 2019 e 2020, apresenta-se: i) o orçamento mínimo para adaptação e mitigação das mudanças climáticas (*Lei 27.520, dezembro de 2019*)¹¹, ii) se estabelecem as orientações para a prestação de serviço de recarga elétrica em postos de combustíveis (*Disposição 283/2019*),

9 Nos primeiros meses de 2021, o governo do presidente Alberto Fernández buscava aprovar o Projeto de Lei da Mobilidade Sustentável e a nova Lei Automotiva; estas novas políticas incluem incentivos para a produção de carros elétricos e facilidades que estimulariam os investimentos no mercado nacional, na ordem de US \$ 5 bilhões (CLARÍN, 2021). Além disso, foi anunciada a criação do Instituto de Mobilidade para Pesquisa e Desenvolvimento Científico.

10 Esta ação atualizou e colocou em prática o *Programa de Rotulagem de Eficiência Energética Veicular Argentina (2016)*, ação que possibilita aos usuários compararem informações técnicas, abrindo espaços reais de decisões calcadas nas potencialidades da nova tecnologia.

11 O estabelecimento de um orçamento/rubrica específica para as ações climáticas, garante a possibilidade da formulação e implementação de políticas, ações e estratégias de mitigação e adaptação.

permitindo que pessoas físicas ou jurídicas, que estejam autorizadas pelos órgãos competentes, possam prestar tal serviço, e iii) atualização em 2020 da *Contribuição Nacionalmente Determinada* (NDC) (2020 – 2050) com metas mais arrojadas na comparação com a versão anterior¹². Com isso, a meta de redução de emissões para 2030 é de 359 MtCO₂. Para 2050, é de neutralidade de carbono, mas a mesma ainda não foi formalizada e submetida à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, pela sigla em inglês). Compromissos relacionados ao setor de transporte indicam o suporte à difusão dos VE, assim como a convivência com outras opções menos intensivas em combustíveis fósseis, tais como os biocombustíveis.

Dois regiões-cidades na Argentina aparecem com protagonismo no processo de transição: Santa Fé e Buenos Aires. O governo regional de Santa Fé implementou a política de Promoção da indústria de veículos elétricos e tecnologias alternativas de energia para a mobilidade urbana e periurbana (Lei 13781 – 2018), que se propõe alavancar a atividade industrial relacionada aos VE na região, visando os segmentos privados (frotas), agrícola, carga e transporte público de passageiros.

Buenos Aires apresenta diversas ações, dentre as quais se destacam duas: i) Inventário de GEEs (2003) que já conta com quase 20 anos de duração. Este sistema coleta, organiza e disponibiliza os dados sobre emissões geradas pela cidade, como um todo e por setor. Trata-se de um instrumento que auxilia no desenvolvimento de um arcabouço regulatório. E, também com destaque está o ii) Plano de Ação Climática (CITY OF BUENOS AIRES, 2021), que nasce como parte de um processo de revisão e atualização dos planos de ações anteriores, dados a partir da Lei de Mitigação de Mudanças Climáticas (2011). O diferencial está na extensão e nos objetivos para o segmento de transporte e mobilidade. Desta forma, o plano elabora um cenário visando uma redução das emissões de 52,9% até 2030 e de 84,4% até 2050, tendo como base de comparação as emissões de 2015. Além das metas de redução de emissões gerais, o plano estabelece metas setoriais que, no caso dos transportes, é atingir 2,2Mteq em 2030 e 0,3Mteq em 2050 (como referência, temos as emissões de 3,6Mteq de 2015). Para atingir as metas de redução setorial, o plano prevê objetivos/alvos específicos:

- Objetivos de médio prazo (2030): a) 30% de carros de baixa emissão em circulação, b) 50% de ônibus com emissões zero, e c) 75% dos passageiros sendo transportados pelo transporte público, em detrimento aos carros particulares.

¹² A Argentina aumentou sua contribuição no cômputo geral de redução das emissões, a nova meta representa uma redução de emissões de 25,7% em relação ao NDC anterior (ARGENTINA, 2021).

- Objetivos de longo prazo (2050): a) 100% dos ônibus de emissões zero, b) 100% de carros em circulação com baixa emissão, e c) 80% dos passageiros sendo transportados pelo transporte público, não carros particulares

Existem ainda dois objetivos que dialogam diretamente com a mobilidade de baixa emissão: i) estabelecimento de duas zonas de ultrabaixa emissão até 2030; ii) colocar o município em conformidade (100%) com os padrões de qualidade do ar da OMS até 2050. Ambos os objetivos favorecem os VE.

A mobilidade elétrica no Brasil: contexto, motivações e políticas públicas

O mercado brasileiro da mobilidade elétrica encontra-se ainda em estágio incipiente e apresenta números pouco significativos na comparação com países que lideram o mercado de VE (IEA, 2021). Também no Brasil, à semelhança de vários países da AL, a maioria dos veículos elétricos comercializados são do tipo híbridos (VEH), os quais independem da rede de eletropostos para seu abastecimento. Embora apresentem maior eficiência energética, os VEH representam uma tecnologia de transição por combinar um MCI e uma bateria, não rompendo com a estrutura tradicional da indústria automobilística. Ademais, não implicam alterações no comportamento do usuário, que continua dependente dos postos de combustíveis para alimentar o veículo. Uma inovação da engenharia brasileira, no caso dos VEH, resultou no lançamento da versão híbrido flex, que aceita tanto gasolina como etanol a depender da escolha do consumidor. Neste aspecto é necessário ressaltar que a alternativa do etanol tem se colocado como principal impulsionadora do desenho de políticas voltadas ao desenvolvimento e à difusão de veículos de baixa emissão no país.

Guardadas tais especificidades, o movimento de inserção de VE no Brasil é de crescimento constante. Em julho de 2021 a frota brasileira de VE foi superior a 65.500; 44 mil unidades (ou, 73% do total) são do tipo híbrido; híbridos plug-in alcançaram 13 mil unidades (22,5%), e os VE a bateria em torno de 3 mil unidades (5%) (NEOCHARGE, 2021). Para efeitos de comparação, em 2010 foram emplacados 24 VE, e em 2017 foram 3.378 unidades. No segmento de ônibus elétricos, segundo a Plataforma E-Bus Radar em 2020 registraram-se cerca de 350 unidades em operação, a maioria trólebus (302 unidades), com 48 unidades de ônibus elétricos a bateria

O segmento de levíssimos também apresentou crescimento: as *scooters* ou patinetes elétricos, incluindo modelos CityCoco, passou de 1.629 unidades importadas em 2017, para 12.339 em 2019. As bicicletas elétricas lideram

toda a categoria, com vendas próximas de 25 mil unidades ao longo do triênio 2017-2019 (AUTOESPORTE, 2020). A rede de infraestrutura de carregamento tende a seguir esta tendência de crescimento, com cerca de 750 pontos de recarga públicos ou privados no Brasil, concentrados particularmente no eixo sul e sudeste do país.

Do que se conclui que os VE que dependem dos eletropostos para seu abastecimento e que implicam uma mudança de hábito do consumidor, embora também apresentem tendência de crescimento no Brasil, ainda avançam lentamente para conquistar novos mercados, mostrando-se pouco conhecidos da população brasileira.

Assim como ocorre com o México e a Argentina, também no Brasil o segmento dos veículos totalmente conectados à rede elétrica está em gestação, sendo necessário refletir acerca das ações e mecanismos de estímulo a esta transição, assunto abordado nas próximas sub-seções.

Políticas Públicas & Articulações para a Promoção da Mobilidade Elétrica

Conforme discutido em Consoni et al. (2018) o arcabouço institucional brasileiro direcionado à promoção da mobilidade elétrica, não se apoia em uma situação-problema que impulse a definição de metas e objetivos claros por parte do governo federal em relação à mobilidade elétrica, ou que “puxe” as ações em políticas públicas pró-VE. Como cenário atual, a política pública brasileira não está ancorada a um plano estratégico nacional, conforme visto em relação a Chile, Colômbia e Costa Rica, e nem mesmo tem dado tratamento adequado ao tema dos VE, desconsiderando seu potencial de atuação e oportunidades nas dimensões já destacadas.

No Brasil, as políticas de estímulo à mobilidade elétrica têm sido indiretas, fragmentadas e intermitentes, e com frequência encontram-se incluídas e misturadas com esforços voltados à promoção das tecnologias “limpas” ou “sustentáveis” (CONSONI et al, 2018). Como resultado, existem políticas públicas e ações que independem de um planejamento central do governo federal e que carecem de robustez que é necessária para promover uma rápida inserção do país na mobilidade elétrica.

Apesar destas especificidades, merece destaque algumas das ações empreendidas no Brasil que são específicas para o estímulo da mobilidade

Quadro 1. Políticas públicas federais pró-mobilidade elétrica no Brasil.

Política Pública	Órgão Responsável	Objetivo Principal
Resolução CAMEX nº 97 de 26/outubro/2015	Câmara de Comércio Exterior – Ministério da Economia	Determina isenção ou diminuição do Imposto de Importação para VEB, VEH e VECC
Resolução ANEEL nº 819 de 19/junho/2018	Agência Nacional de Energia Elétrica – Ministério de Minas e Energia	Regulamenta o serviço de carregamento dos veículos em eletropostos
Decreto da Presidência da República nº 9.442 de 5/julho/ 2018	Secretaria Geral da Presidência da República	Determina diminuição da alíquota de Imposto sobre Produtos Industrializados para VEB e VEH
Programa de Eletromobilidade do BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Ministério da Economia	Financiamento para o desenvolvimento de um ecossistema da eletromobilidade e para compras de VE por corporações
Rota 2030 – Lei Nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018	Secretaria Geral da Presidência da República	Incentiva a atividades de inovação relacionadas a novas tecnologias de propulsão, eletromobilidade e eficiência energética
Chamada 22 – P&D ANEEL (2019)	Agência Nacional de Energia Elétrica – Ministério de Minas e Energia	Financiamento de projetos de P&D para geração de modelos de negócios e soluções de mercado

Fonte: Elaboração própria.

elétrica¹³ e, portanto, são necessárias para começar a sedimentar a inserção do país no tema da mobilidade elétrica no contexto da baixa emissão, conforme exposto no Quadro 1.

Da relação das ações descritas no Quadro 1, alguns comentários são necessários. Primeiro, destaque para as ações empreendidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Primeiro, em relação à Resolução ANEEL nº 819 de 19/junho/2018, ao regulamentar o fornecimento de energia elétrica a partir do entendimento de que o serviço de recarga é uma atividade competitiva, dissociada e distinta da atividade regulada que é a comercialização,

13 Exceção para o Rota 2030, o qual representa a nova política industrial para o setor automotivo e contempla linhas de pesquisa em eficiência energética, com espaço para emplacar projetos em mobilidade elétrica.

o fornecimento ou a distribuição de energia elétrica. Nesta lógica, não faz sentido definir tarifas para esse serviço, mesmo quando este é prestado pela concessionária de distribuição (ANEEL, 2018).

Conforme regulação nº819, ficou estabelecido que a comercialização da energia elétrica no Brasil deve ser tratada como um Serviço¹⁴, uma definição que traz segurança para que novos negócios possam ser veiculados nesta área. A ANEEL também foi protagonista ao lançar, em 2019, a Chamada Estratégica nº 22, denominada “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”, que destinou recursos para projetos que propõem modelos de negócios e soluções de mercado. Foram mais de 620 milhões de reais nos projetos P&D, com mais de 100 milhões de reais de contrapartida por parte das empresas, a maioria contemplando sistemas de abastecimento veicular e propostas de instalação de eletrovias.

As políticas listadas no Quadro 1, ainda que todas necessárias, todavia não foram suficientes para atacar uma das principais resistências para a expansão dos modais elétricos, que são os elevados custos. A leitura de experiências internacionais mostra que países bem-sucedidos na promoção da mobilidade elétrica têm sido aqueles com ações direcionadas ao adensamento do consumo dos VE (CONSONI, et al, 2018). Ainda que a resolução da Câmara de Comércio Exterior, CAMEX, tenha isentado os VE das taxas de importação, e o Rota 2030 (a partir do Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018) tenha reduzido as alíquotas de IPI para VE a partir de 7%, ante os 25% anteriormente aplicados, a distopia nos percentuais incidentes ainda se mantém variável. O que significa que as taxas de alíquotas para VE ainda se mantêm superiores àquelas aplicadas aos veículos convencionais do tipo *flex* de baixa cilindrada. As ações empreendidas pelo BNDES também são relevantes, porém ainda estão restritas às linhas para compras corporativas e com foco em pesados.

Além das políticas públicas, a expansão da mobilidade elétrica também depende da articulação entre os atores e da orquestração de agendas convergentes, por meio da proposição de ações estratégicas de impacto, que se fortalecem na construção desta governança. A este respeito, três organizações no Brasil estão ocupando espaços importantes na trajetória para a mobilidade elétrica: a Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME), a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) e a Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores (ABRAVEi).

14 A esse respeito, consultar: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EV1Z6/content/aprovada-regulamentacao-sobre-recarga-de-veiculos-eletricos/656877

A PNME¹⁵ é uma plataforma *multistakeholder* que se traduz em um espaço de articulação, convergência e trabalho em rede de atores do governo, da indústria, da academia e da sociedade civil, somando mais de 30 instituições para construir metas de longo prazo, considerando os pontos de vista do desenvolvimento tecnológico, de políticas públicas governamentais e do mercado da mobilidade elétrica. Sua atuação é orquestrar projetos e grandes programas da mobilidade elétrica, dentre os quais se destaca o forte envolvimento na construção da proposta de uma Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica.

A ABVE¹⁶ se destaca por ser a única associação do gênero no Brasil que representa toda a cadeia produtiva da mobilidade elétrica, abarcando pequenas e grandes empresas, nacionais e transnacionais, produtores locais e importadores. Sua função tem sido como agente catalizador de demandas e de articulação de diferentes segmentos empresariais vinculados à mobilidade elétrica, encaminhando e defendendo essas demandas junto aos tomadores de decisão nos diferentes níveis do Poder Público – Executivo e Legislativo.

Por sua vez, a ABRAVEi¹⁷, fundada em 01 de maio de 2017, reúne proprietários de veículos que rodam exclusivamente no modo elétrico (proprietários de VEH não são contemplados). Dentre suas ações, a ABRAVEI tem atuado na sensibilização de órgãos públicos e da iniciativa privada para desenvolvimento e ampliação da infraestrutura de recarga (rápida e semi-rápida) em consonância com os interesses dos seus associados.

Protagonismo de cidades brasileiras na promoção da mobilidade elétrica

Quando não há, como visto no caso brasileiro, um arcabouço institucional munido de forte aparato regulatório e mecanismos econômicos para direcionar e incentivar a mobilidade elétrica, as cidades com ações e instrumentos nesta direção tendem a ocupar papel bastante relevante. É por meio destas ações que algumas cidades brasileiras estão conseguindo alavancar a mobilidade elétrica, ao passo que atendem a demandas mais específicas da população local, respeitando as heterogeneidades das diferentes regiões.

Nesta seção, se destacam alguns dos centros urbanos brasileiros protagonistas no desenvolvimento de iniciativas de transição pró eletromobilidade, as quais são materializadas como: serviços de compartilhamento de VE

15 Consultar: (<https://www.pnme.org.br/>).

16 Consultar: (<http://www.abve.org.br/>).

17 Consultar: (<https://abravei.org/>).

(Fortaleza), compras públicas de EVs (São José dos Campos – SJC), comodato de VE (Fernando de Noronha), projeto piloto de eletrificação do transporte público (Salvador, Curitiba e São Paulo), instalação de infraestrutura de recarga (Curitiba, Fernando de Noronha, Fortaleza, SJC e São Paulo).

A **cidade de Fortaleza** (Ceará), por meio do Plano de Ações Imediatas de Transporte e Trânsito de Fortaleza (PAITT), em parceria com empresas da indústria automobilística (como a BYD), e após um processo de licitação pública¹⁸, implementou uma rede de compartilhamento de veículos elétricos para promover a mobilidade urbana sustentável. Com sua implantação concluída em setembro de 2016, o serviço VAMO (Veículos Alternativos para Mobilidade), conta com diferentes automóveis, como o modelo ZOE, da marca Renault, e o modelo E6, da BYD. Um dos benefícios concedidos aos usuários dos VE é o estacionamento gratuito em vagas de Zona Azul. Ainda em Fortaleza, por meio de parcerias entre instituições públicas e privadas, o município tem concedido o espaço público para implementação de infraestrutura de recarga. Em 2018, foi instalado o primeiro eletroposto que possibilita a recarga simultânea de veículos elétricos nas dependências da Universidade de Fortaleza (Unifor), por meio de uma parceria entre a universidade, Enel, Prefeitura de Fortaleza e Serttel. Em 2021, Fortaleza está entre as 23 cidades brasileiras (como Curitiba, Salvador e São Paulo) que recebeu a primeira rede de recarga semi-pública para veículos elétricos e híbridos. Fortaleza também é destaque na adoção de triciclos elétricos, projeto piloto destinado a associações de catadores de materiais recicláveis que visa trazer mais dignidade a estes profissionais facilitando os deslocamentos.

A **Ilha de Fernando de Noronha**, pertencente ao estado de Pernambuco, se destaca pela presença do programa Noronha Carbono Zero, segundo o qual a partir de 2030, será permitida apenas a circulação de veículos 100% elétricos na ilha. Como ilustração, em 2019, a empresa Renault entregou os primeiros carros 100% elétricos para a administração da ilha, os quais são utilizados tanto pela administração local quanto por empresários, tais como proprietários de pousadas. Os veículos do tipo Zoe, Twizy e Kangoo Z.E., além dos carregadores, foram cedidos em regime de comodato. O arquipélago também conta com um ecoposto fotovoltaico público para a recarga de carros elétricos, em parceria com a Companhia de Energia Elétrica de Pernambuco.

Existem também iniciativas relacionadas ao transporte público em diversas cidades: em **Curitiba** (Paraná) estão em discussão dois novos projetos,

18 A empresa selecionada e que patrocina o sistema na cidade é o Hapvida Saúde, enquanto a empresa Serttel é a responsável por implantar, operar e dar manutenção nos equipamentos.

Novo Inter 2 e Ligeirão no Corredor Leste-Oeste, para a introdução e operação de ônibus elétricos articulados. Ambos os projetos foram selecionados em uma chamada pública organizada pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). Curitiba também isentou os veículos elétricos a bateria do pagamento do Estacionamento Regulamentado (EstaR) por meio do Decreto 1.528 de 2019.

Em **Salvador** (Bahia), no mês de setembro de 2021, iniciou-se um projeto-piloto com dois ônibus elétricos. Os veículos da marca BYD estão rodando em linhas operadas pela concessionária OTTrans. A cidade também conta com pontos de recargas para veículos elétricos e híbridos *plug-in* marcas em lojas e shoppings.

Em termos de transporte público elétrico, a cidade de **São Paulo** (São Paulo) é protagonista ao aprovar a Lei 16.802 de 2018, a qual altera o artigo 50 da Lei do Clima de 2009 (Lei 14.933/2009), estabelecendo que veículos utilizados para o transporte público devem reduzir a emissão de CO₂ em 50% em 10 anos, e em 100% em 20 anos (BERMÚDEZ, 2018). Esta Lei embasou a licitação de transporte público da cidade e serviu como estímulo para o projeto Piloto em curso pela empresa Transwolf, com 18 ônibus elétricos em circulação na cidade. São Paulo também se destaca ao isentar os VE da parte do IPVE referente ao município, restrita aos cinco primeiros anos de tributação, para veículos abaixo de R\$ 150 mil, além de isentar os VE do rodízio municipal. A ação mais recente da cidade ocorre em 2020, com a aprovação da Lei 17.336 que determina que os edifícios residenciais e comerciais da capital paulista protocolados a partir de março de 2021 prevejam soluções de recarga para veículos elétricos.

Campinas (São Paulo), por sua vez, se destaca no país por ser a cidade com a maior frota de ônibus elétrico em circulação (no total de 13) e está discutindo o seu novo Edital para transporte público, que deve contemplar uma área no centro da cidade destinada apenas à circulação de ônibus de zero emissão; caso o Edital seja bem-sucedido, esta ação tende a potencializar ainda mais a inserção de ônibus elétricos na cidade.

Outra cidade com grande protagonismo, também localizada no Estado de São Paulo, é São José dos Campos, pioneira eletrificação de frotas públicas. Por meio da Lei 9.684 de 2018, implementou contrato de locação de veículos elétricos que equipou 100% da guarda municipal. Mais recentemente, em 2021, a cidade inaugurou o Corredor Verde onde irá trafegar o Veículo Leve sobre Pneu Elétrico (VLP), articulado.

Por fim, destacamos também o Corredor Verde, uma extensa rede de carregamento no Nordeste do país, em implementação pela *holding* Neoenergia.

Essa iniciativa é fruto de P&D Aneel Chamada 22 e objetiva conectar as capitais Salvador (BA) e Natal (RN), passando pelas cidades de Aracaju (SE), Maceió (AL), Recife (PE) e João Pessoa (PB). Iniciativa semelhante também ocorre no Sul do país, a “Rota Elétrica Mercosul”, também como resultado do P&D Aneel Chamada 22, e que prevê a instalação de estações de recarga rápida no Rio Grande do Sul, em cidades estratégicas até alcançar a divisa com o Uruguai. Isso possibilitará viajar de carro elétrico até o Uruguai, que já possui uma rota de estações de recarga conectando outras regiões do Mercosul.

Reflexões sobre a América Latina

As cidades da América Latina passaram a ser grandes centros de atração de população, em parte pelas expulsões do campo cada vez mais modernizado e, por outro lado, pela atração dos postos de trabalhos nos centros urbanos, resultando em um nível de urbanização maior que 80%¹⁹ e na estruturação de grandes metrópoles, caracterizadas pelo desenvolvimento inumano²⁰ (DI GIULIO, 2021). Um dos problemas que descendem dessa realidade, é a péssima mobilidade urbana, calcada em uma tecnologia poluidora, que favorece o transporte individual e a criação de espaços segregados (VASCONCELLOS, 2013).

Ciente deste problema latente, se identificou um *mix* de políticas públicas na região, nem sempre articuladas entre si, o que reflete as limitadas capacidades do poder público em promover a transição para a mobilidade elétrica, bem como a natureza dos recursos que dispõem. A eletromobilidade neste contexto não tem sido articulada como uma miríade do futuro, mas um meio para atingir metas concretas: redução de Gases de Efeito Estufa, enfrentamento às mudanças climáticas a partir das cidades, e a melhora da qualidade do meio ambiente (qualidade do ar).

19 Dados do relatório da ONU, *World Population Prospects (2019)* indicam que a região se aproxima do nível de urbanização da América do Norte 83%, região mais urbanizada do planeta. Enquanto, já vivencia porcentagens mais elevadas no Uruguai (95%); Argentina (92%); Venezuela (88%); Brasil (84%) e Chile (87%) (UN DESA (UNITED NATIONS. DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS), 2019).

20 A questão urbana na América Latina está atrelada à processos limitados de industrialização dependente e precária, preponderância do emprego no setor informal, rendas baixas e déficits crônicos nos níveis do consumo coletivo. Isso produziu e ainda produz o crescimento de enormes massas marginalizadas, que é agravado pela incapacidade das políticas públicas de satisfazer as demandas da sociedade (transporte, moradia, saúde e segurança). Com isso, a qualidade de vida em seu conjunto apresenta processos de deterioração ambiental ligados às próprias condições em que se produziu a urbanização na América Latina.

Os contextos e resultados, entretanto, tem sido diversos. Exceção para uma orientação clara da eletrificação do transporte público, o que posiciona a América Latina como a região com o maior crescimento no número de ônibus elétricos a bateria, depois da China. Segundo dados do E-Bus radar (2021), até julho de 2021 foram contabilizados 2.473 ônibus elétricos na América Latina, dos quais 64% correspondem a ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos e capacidades, e 36% são trólebus, com presença significativa em cidades como São Paulo e Cidade do México.

Cidades como Santiago (Chile) e Bogotá (Colômbia) lideram a eletrificação dos sistemas de transporte público, com projetos de implementação em grande escala. No entanto, praticamente todos os países da região têm pelo menos um projeto piloto de implementação de ônibus elétricos a bateria, que testam várias das suas funcionalidades e custos de propriedade. A implementação destes projetos piloto tem sido apoiada pelos governos locais, a partir de um grande protagonismo das cidades, e pela participação de empresas de energia elétrica que têm feito investimentos para a compra dos ônibus elétricos e para a infraestrutura de recarga. Ademais, o crescimento do número de ônibus elétricos tem sido facilitado pela criação de novos modelos de negócio e pelo estabelecimento de licitações de transporte público, que têm priorizado a incorporação de ônibus de baixa e zero-emissão nos sistemas de transporte público e nos BRT das cidades latino-americanas.

Considerações Finais

A revolução tecnológica e informacional, que tem ocorrido em simultâneo à uma tendência voltada à transição energética de baixo carbono, fez emergir novos modelos de produção e de gestão, os quais são obrigatórios para efetivar a participação nas diversas cadeias globais de valores. De tal modo, a inserção dos países latinos se deu por um processo em chave dupla, que inclui e exclui, ocorrendo simultaneamente a incorporação seletiva e a marginalização estrutural dos territórios, das empresas, das instituições e das pessoas (CALDERON & CASTELLS, 2021; SANTOS, 2020). Então, a região convive com a modernização e o atraso, protagonismo e dependência. Sendo esta a arena onde as iniciativas de transição para a mobilidade elétrica emergem.

Compreende-se que as ações listadas ao longo do presente texto mostram o desenrolar de iniciativas de transição para a sustentabilidade, calcadas em um novo nicho tecnológico, que passam a existir de fato por meio de arranjos complexos entre o avanço institucional (política pública) e a adoção de novos artefatos tecnológicos (os VE em diferentes modais). Esta

nova realidade cria condições para as mudanças nos padrões de consumo e produção do espaço urbano, com isso, orientando as cidades para uma via mais sustentável.

Os instrumentos implementados ou ações mediadas pelo poder público são recentes, surgindo no fim da década de 2010 e ganhando volume nos últimos anos, *vide* o caso chileno e colombiano.

A profusão de iniciativas na região é um importante meio de experimentação e aprendizado, o qual colocou em pauta a temática da eletromobidade, mostrando uma outra forma de se deslocar no espaço urbano. As iniciativas de transição são conduzidas por agentes ou coletivos, que visam impulsionar mudanças transformadoras em direção à sustentabilidade ambiental, por meio das suas atividades locais, ou seja, no transcorrer das suas atividades normais promulga-se outras formas de fazer, pensar e organizar, neste caso, os transportes (EHNERT et al., 2018).

Observamos, empiricamente, que as cidades e os seus agentes econômicos ligados à sustentabilidade, buscam ativamente a experimentação em novas trajetórias tecnológicas e em novos modelos de negócios, assim, fornecem outras bases de evidências para soluções de problemas. Tais inovações em sustentabilidade, variam desde o uso de ônibus elétricos e trólebus para compor a frota de transporte público de uma cidade até implementar serviços de *carsharing* com VE em áreas turísticas. O importante da profusão de iniciativas é o fato delas começarem a criar redes sociais e sinergias, desenvolver novas narrativas sobre o futuro das cidades e se tornarem atores relevantes na arena de governança urbana.

O conjunto dos casos estudados mostra potencialidades que podem ser exploradas na relação entre a mobilidade elétrica e a América Latina:

- (i) Grandes mercados consumidores. A região, mesmo com grandes graus de desigualdade, tem uma classe média numerosa e ávida pelo consumo, que reproduz os padrões dos países mais desenvolvidos. Ademais, à medida que se amplia a inserção dos trabalhadores que estão do mercado formal, esse potencial de consumo cresce, ou seja, existe elasticidade da demanda na região;
- (ii) Historicamente a matriz energética da região se baseia em fontes renováveis. Acrescenta-se que existem potenciais naturais subutilizados para geração de energia. É o caso do solar fotovoltaica, eólica e do hidrogênio verde, fontes que ainda são marginais na maioria dos países;
- (iii) Brasil, Argentina e México tem uma indústria automobilística robusta no seu território, contando também com significativa constelação de

empresas de autopeças e serviços correlacionados aos veículos, estas sendo também de capital nacional. Assim, é plausível e esperado que a articulação seja feita na direção de readequação desta base produtiva, a qual pode colocar a região como produtora de componentes e de novos veículos baseados na trajetória da eletrificação;

- (iv) A região já realizou experimentos exitosos em substituir os combustíveis fósseis (caso do bioetanol, biodiesel e do motor flex). Essa experiência pode ser utilizada como base de aprendizado e inspiração para rever a infraestrutura de abastecimento dos veículos e a adequação da regulação do setor de transporte.

Todos os países analisados neste artigo introduziram instrumentos de política pública com a intenção de reduzir emissões de CO₂ e contribuir com as ações climáticas mundiais. Estas são as principais justificativas presentes nos levantamentos realizados. Isso traduz as motivações dos países, que em parte mostram-se limitadas na elaboração de estratégias integradas e de desenvolvimento autônomo, pois os motivadores deveriam ser articulados com outras intencionalidades e, assim, mobilizar mais investimentos e outros atores. As nações líderes da eletromobilidade (China, EUA, Japão, além de vários países europeus) justificam e elaboram instrumentos que somam o mote ambiental com vias para ampliar a produção da indústria local e/ou criar caminhos para a inovação, buscando modernizar/atualizar a capacidade interna para concorrer internacionalmente (CONSONI et al., 2018).

Outro fator levado em conta por estas nações líderes é a segurança energética. Os VE além de não consumirem combustíveis fósseis, podem atuar na estabilização da rede elétrica e em alguns casos, fornecer energia em momentos pontuais para a rede. Enxergar os VE como parte de soluções ambientais e de novas agendas de desenvolvimento tecnológico é necessário para promover processos alargados de transição para a sustentabilidade e seguir na agenda de desenvolvimento humano.

Tendo em mente que o conjunto tecnológico da mobilidade elétrica ainda não está consolidado, buscar articular objetivos para além da agenda ambiental é importante, pois a efetivação dos VE na realidade urbana traz a reboque “janelas de oportunidades” para a indústria automotiva, eletroeletrônica, de energia e novos entrantes ligados aos setores de serviços e tecnologias baseadas em dados.

A região vem mudando o seu entendimento sobre isso (vide Figura 3). Mas, ao ler e colocar em perspectivas os instrumentos ora implementados, percebe-se uma falta de direcionamento para a promoção dos VE, bem como

uma desarticulação de atores e, portanto, de ações para a promoção desse tipo de mobilidade e desta indústria nos territórios nacionais – isso sendo mais patente no Brasil e Argentina, os dois maiores países da América do Sul.

No caso brasileiro, um elemento central dessa ausência de coerência e consenso nacional na temática do VE, advém da falta de um compromisso suficientemente forte com o processo de transição e um comportamento vacilante em relação ao desenvolvimento de trajetórias tecnológicas que nos leve ao futuro. Explicamos: o planeta dá sinais de limites desse modelo, eventos extremos ligados ao clima se tornam mais frequentes (IPPC, 2021) e os níveis de desigualdades são crescentes na região, bem como em outras partes do globo (PIKETTY, 2020).

Nesta perspectiva, o poder público, investido de suas capacidades de mediar e influenciar, deve assumir o compromisso de emular nova direção para a sociedade, visando um desenvolvimento de longo prazo e de atualização da estrutura produtiva e das condições de mobilidade nas cidades.

Deve-se compreender que mecanismos de suporte e de direcionamento da mobilidade elétrica, em todos os seus modais, são ferramentas que possibilitam a existência de iniciativas de transição, as quais podem ser replicadas em outros segmentos da vida urbana, como moradias, agroalimentar, fornecimento de energia, entre outros. A transição exige multiplicidade de ações e romper com os regimes sócio técnicos poluidores e excludentes exige inovações institucionais e tecnológicas, sendo a forma mais eficiente de desestabilizar o que está posto e reacomodar a sociedade em novos termos.

Tal situação vacilante corrobora para a ausência de metas e objetivos claros por parte dos governos com relação aos VE (como nos casos de Argentina, Brasil e México). Historicamente, países que iniciaram suas trajetórias no segmento do VE são “puxados” por forças do contexto, mas, principalmente, pela ação ativa que implica determinar metas e estabelecer instrumentos para mobilizar ações, vide por exemplo o caso chinês, que até os anos 2000 não figurava com destaque no setor e nos dias atuais é o principal líder desse segmento. Vale dizer, tal movimento não é exclusivo de economias centralizadas e planejadas. O Japão e, mais recentemente, a Alemanha, mostram-se exitosos em estabelecer políticas e sinalizações claras ao mercado, assim, também emulando a transição no tecido social e na estrutura de produção.

A dependência tecnológica no segmento da mobilidade elétrica parece estar sendo consolidada na região sendo necessário que estejamos atentos à dinâmica das tendências internacionais. Necessário considerar que as relações na eletromobilidade ainda apresentam espaços para novas tentativas de desenvolvimento endógeno, principalmente, nos modais de veículos

pesados de carga, transporte público e micro mobilidade. Aliás, modais que são realmente relevantes para região, dada sua extensão territorial e os problemas urbanos causados pelo seu padrão de urbanização. Precisamos estar atentos a tais aberturas buscando um posicionamento que seja convergente com a realidade e demandas locais. Os esforços empreendidos até o momento, ainda que consistentes, não se mostram tão robustos a ponto de promover esta transição ou aproveitar as oportunidades que ainda se colocam.

Os instrumentos de política pública até agora implementados na região, são voltados para o uso dos VE (demanda) e não para a produção ou desenvolvimento de tecnologia (oferta). Grandes projetos de P&D estão ausentes, com exceção do Brasil que apresenta duas ações institucionais ligadas ao P&D, as chamadas da ANEEL e o eixo 5 do Rota 2030. Porém, estes além de enfrentarem um contexto de cortes sistemáticos nos investimentos públicos em C&T, enfrentam uma crise generalizada, com instabilidade institucional e negação da importância da pauta ambiental no governo federal, que historicamente foi o motor de desenvolvimento de novas indústrias ou segmentos tecnológicos.

Os VE em território latino-americano podem e devem ser vistos por outro prisma: uma rota tecnológica e um novo setor econômico ainda não explorado, cuja liderança ainda não está totalmente consolidada, um segmento que pode contribuir com o desenvolvimento do país em uma nova lógica de mobilidade e promover o aproveitamento dos recursos naturais e humanos disponíveis nos países. Ademais, os VE figuram como uma janela de oportunidade não apenas no nível nacional, mas também no nível internacional na medida em que a região pode se inserir nas cadeias globais de valor, participando da produção de componentes ou até mesmo sendo plataforma de exportação de veículos.

Fazer a transição para a sustentabilidade em termos ativos e visando a integração de outras áreas da sociedade, é justificativa suficiente não só para as ações sistematizadas por parte dos governos (políticas), como o empenho de outros atores em participar da construção de um novo segmento econômico e uma nova forma de se deslocar no ambiente urbano.

Ações na direção dos VE possibilitam acompanhar e buscar se posicionar na nova indústria automobilística em gestação. A indústria mundial vem se reposicionando na direção da eletrificação, então, cabe a América Latina escolher de que forma gostaria de participar desse processo: ou acompanhando as mudanças disruptivas que se avizinham, com o intuito de aproveitar possíveis janelas de oportunidade, ou seguir a reboque das nações desenvolvidas. É necessário considerar que os padrões tecnológicos, o *design* e a

integração da cadeia produtiva global ainda estão indefinidos, situação que pode favorecer os países periféricos (obviamente, a depender dos esforços de aprendizagem e de direcionamentos locais).

É importante salientar que a mobilidade elétrica não é exclusividade de nações ricas ou desenvolvidas. As nações do sul global mostram proatividade na condução de iniciativas, abarcando várias frentes do novo sistema e com uma visão de futuro arrojada, condições necessárias, ainda que não totalmente suficientes, para países que almejam ocupar um lugar relevante na eletromobilidade.

Referências

AGENCIA DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA. *Red de Carga Pública para Vehículos Eléctricos de la Región Metropolitana de Santiago de Chile*. Acesso em: 23 set. 2021. Disponível em: https://www.ecomovilidad.cl/wp-content/uploads/2020/08/Red-de-Carga-RM-AgenciaSE_GORE.pdf

ANAC (Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G.). *Conferencia de Prensa ANAC 2021. Resultados año 2020 y proyecciones de mercado 2021*. Acesso em: 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.anac.cl/wp-content/uploads/2021/02/CONFERENCIA-DE-PRENSA-ANAC-2021-VF.pdf>

ANDEMOS (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible). *Informe Vehículos HEV, PHEV y BEV Agosto 2021*. Acesso em: 21 set. 2021. Disponível em: <https://www.andemos.org/wp-content/uploads/2021/09/Informe-Híbridos-y-Eléctricos-2021-8.pdf>

ANDI (Asociación Nacional de Industriales). *Cámaras Sectoriales. Industria Automotriz*. Acesso em: 21 set. 2021. Disponível em: <http://www.andi.com.co/Home/Camara/4>

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). *Resolução Normativa 819 de 19 de Junho de 2018*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>

ARGENTINA. *Actualización de la meta de emisiones netas de Argentina al 2030*. Buenos Aires: [s. n.], 2021. Disponível em: [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina Second/Actualización meta de emisiones 2030.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina%20Second/Actualización%20meta%20de%20emisiones%202030.pdf)

AUTOESPORTE. *Importação de patinetes elétricos subiu 735% em 2019, aponta levantamento*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/videos/noticia/2020/03/importacao-de-patinetes-eletricos-subiu-735percent-em-2019-aponta-levantamento.ghtml>

PORTALUPPI, A. *¿Cómo se compone el parque automotor eléctrico e híbrido de Argentina? – Portal Movilidad*. [S. l.], 2021. Acesso em: 16 set. 2021. Disponível em: https://portalmovilidad.com/como-se-compone-el-parque-automotor-electrico-e-hibrido-de-argentina/?utm_source=email_marketing&utm_admin=136156&utm_medium=email&utm_campaign=Buscan_inversiones_para_movilidad_elctrica

BERMÚDEZ, T. *Transiciones Socio-Técnicas hacia una Movilidad de Bajo Carbono: Un análisis del Nicho de los Buses de Baja Emisión para el Caso de Brasil*, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/333639>

BID (Banco Interamericano de Desarrollo). *Opciones para lograr la carbono-neutralidad en Chile: una evaluación bajo incertidumbre*. Acesso em: 23 set. 2021. Disponível em: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Opciones-para-lograr-la-carbono-neutralidad-en-Chile-una-evaluacion-bajo-incertidumbre.pdf>

BID (Banco Interamericano De Desarrollo). *Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador*. Acesso em: 31 ago. 2021. Disponível em: https://varusecuador.com/wp-content/uploads/2021/05/Estrategia_Nacional_de_Electromovilidad_Ecuador.pdf

CALDERON, F.; CASTELLS, M. *A nova América Latina*. Rio de Janeiro: Zahar, 2021.

CHANARON, J. Automobiles: a static technology, a “wait-and-see” industry? *International Journal of Technology Management*, p. 1741–5276, 1988.

CITY OF BUENOS AIRES. Climate Action Plan 2050. *Vamos Buenos Aires*, [s. l.], n. November, p. 6, 2021. Disponível em: www.bmub.bund.de/english%0Ahttps://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_impulspapier_en_bf.pdf

CLARÍN. *Autos híbridos y eléctricos: autorizan una nueva tanda de importación de vehículos a 7 automotrices*, 2021. Disponível em: https://www.clarin.com/autos/gobierno-autorizo-importacion-750-autos-hibridos-electricos_0_0ubvkKLPt.html

CLEAN AIR INSTITUTE. *Breathe Life*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://www.cleanairinstitute.org/breathe-life>

CONCEJO DE BOGOTÁ. *Acuerdo No. 790 de 2020. Declaración de Emergencia Climática en Bogotá*. Acesso em: 1 set. 2021. Disponível em: https://concejodebogota.gov.co/cbogota/site/artic/20200319/asocfile/20200319175904/edicion_668_acuerdo_790_de_diciembre_de_2020.pdf

CONGRESSO DE COLOMBIA. *Ley 1964/2019. Por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones*. Acesso em: 13 jul. 2021. Disponível em: https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1964_DEL_11_DE_JULIO_DE_2019.pdf

CONSEJO POLÍTICAS DE INFRAESTRUCTURA. *Tasa de motorización Chile*. Acesso em: 4 nov. 2021. Disponível em: <https://www.infraestructurapublica.cl/tasa-de-motorizacion/>

CONAONI, F. L.; OLIVEIRA, A. F; BARASSA, E.; MARTÍNEZ, J. MARQUES, M.C.; BERMÚDEZ, T. *Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos* Brasília D.F Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços MDIC, 2018. Acesso em: 10 set. 2021. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/biblioteca/estudo-de-governanca-e-politicas-publicas-para-veiculos-eletricos/>

COUNTRYMETERS. *População de Costa Rica 2021*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: https://countrymeters.info/pt/Costa_Rica

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Acesso em: 21 set. 2021. Disponível em: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/donde-estamos>

DNP (Departamento Nacional de Planeación). *CONPES 3934. Política de Crecimiento Verde*. ano? Acesso em: 7 jul. 2021a. Disponível em: https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/conpes_3934_de_2018_-_crecimiento_verde.pdf

DNP (Departamento Nacional de Planeación). *Conpes 3943. Política para el mejoramiento de la calidad del aire*. Acesso em: 7 jul. 2021b. Disponível em: https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/conpes_3943_-_politica_calidad_del_aire.pdf

DNP (Departamento Nacional de Planeación). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2020. Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Acesso em: 7 jul. 2021c. Disponível em: https://siteat.iiiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/co_8000.pdf

DI GIULIO, G. São Paulo: experiências, oportunidades e desafios para a sustentabilidade urbana. In: *DILEMAS AMBIENTAIS-URBANOS EM DUAS METRÓPOLES LATINO AMERICANAS: SÃO PAULO E CIDADE DO MÉXICO NO SÉCULO XXI*. Jundiaí: Paco Editorial, 2021. p. 345.

EHNERT F.; FRANTZESKAKI, N.; BARNES, J.; BORGSTRÖM, S.; GORISSEN, L.; KERN, F.; STRENCHOCK, L.; EGERMANN, M. The acceleration of urban sustainability transitions: A comparison of Brighton, Budapest, Dresden, Genk, and Stockholm. *Sustainability (Switzerland)*, v. 10, n. 3, p. 1–25, 2018.

ELECTROMAPS. *Listado de puntos de recarga en Colombia*. Acesso em: 21 set. 2021. Disponível em: <https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/colombia>

ICLEI. *Mexico City, Mexico: The role of public transport in tackling air pollution and accessibility*. [s.l.: s.n.].

IEA (International Energy Agency). *Global EV Outlook 2021 Accelerating ambitions despite the pandemic. Global EV Outlook 2021*, 2021. Acesso em: 8 jul. 2021. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobaleVOutlook2021.pdf>

INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile). *Síntesis de Resultados Censo 2017*. Acesso em: 22 set. 2021. Disponível em: https://www.ine.cl/docs/default-source/censo-de-poblacion-y-vivienda/publicaciones-y-anuarios/2017/publicación-de-resultados/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf?sfvrsn=1b2dfb06_6

INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile). *Parque de vehículos en Chile*. Acesso em: 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). *Población total (Número de habitantes)*, 2020. Acesso em: 4 nov. 2021. Disponível em: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). *Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros*. 2021. Acesso em: 28 jun. 2021. Disponível em: <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>

INDEC (Instituto Nacional De Estadística Y Censos). *Indec instituto Nacional de Estadística Y Censos de La Republica Argentina Vivienda Precaria*.

INTRANT (Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre); BID (Banco Interamericano de Desarrollo). *Plan Estratégico Nacional de Movilidad Eléctrica República Dominicana*. Acesso em: 31 ago. 2021. Disponível em: <https://movelatam.org/download/plan-estrategico-nacional-de-movilida-electrica-republica-dominicana/>

IPCC. *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis — IPCC*. Acesso em: 9 set. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

LABMOB (Laboratório de Mobilidade Sustentável); UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). *E-BUS RADAR – Plataforma de Ônibus Elétricos da América Latina*. Acesso em: 29 ago. 2021. Disponível em: <https://www.ebusradar.org/>

MILLER, R. Global R&D networks and large-scale innovations: The case of the automobile industry. *Research Policy*, v. 23, n. 1, p. 27–46, 1994.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. *Política Nacional de Cambio Climático*. Acesso em: 7 jul. 2021. Disponível em: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_Climatico_-_PNCC_/PNCC_PoliticasyPublicas_LIBRO_Final_Web_01.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Colombia*, 2019.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGIA COSTA RICA; MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES; SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN, SUBSECTOR ENERGIA. *Plan Nacional de Transporte Eléctrico Costa Rica 2018-2030*. Acesso em: 31 ago. 2021. Disponível em: <https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf>

MINISTERIO DE ENERGÍA. *Ruta Energética 2018-2022. Liderando la modernización con sello ciudadano*, 2017. Disponível em: <http://www.energia.gob.cl/rutaenergetica2018-2022.pdf>

MINISTERIO DE ENERGÍA. *Ley y Plan de Eficiencia Energética*. Acesso em: 22 set. 2021a. Disponível em: <https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica>

MINISTERIO DE ENERGÍA. *Plataforma de Electromovilidad*. Acesso em: 23 set. 2021b. Disponível em: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/introduccion>

MINISTERIO DE ENERGIA; MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. *Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos*. Santiago de Chile, 2018. Acesso em: 20 nov. 2018. Disponível em: http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2018/electromovilidad/estrategia_electromovilidad-27dic.pdf

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. *Resolución 40405/2020. Reglamento Técnico para las Estaciones de Servicio*. Acesso em: 13 jul. 2021. Disponível em: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/48800-Resolución+40405-2020.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Decreto 191/2021. Identificación de parqueaderos preferenciales para vehículos eléctricos*. Acesso em: 13 jul. 2021. Disponível em: [https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 191 DEL 23 DE FEBRERO DE 2021.pdf](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20191%20DEL%2023%20DE%20FEBRERO%20DE%202021.pdf)

NEOCHARGE. *Frota de Carros Elétricos no Brasil*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/carros-eletricos-brasil>

OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers). *Sales/Registration of New Vehicles in countries represented in OICA*. Acesso em: 3 nov. 2021. Disponível em: <https://www.oica.net/>

PIKETTY, T. *Capital e Ideologia*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

PLATAFORMA DE ELECTROMOVILIDAD. *Compromiso por la electromovilidad*. Acesso em: 23 set. 2021. Disponível em: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/compromiso-publico-privado>

PLATAFORMA DE ELECTROMOVILIDAD DE CHILE. *Metas y Avances en electromovilidad en Chile*. Acesso em: 22 set. 2021. Disponível em: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/infografias?page=2>

PLUGSHARE. *Free Electric Car Charging México*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://www.plugshare.com/location/91765>

PNME. *1o Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica*. 2021 Disponível em: <https://www.pnme.org.br/biblioteca/1o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Carbono Cero América Latina y el Caribe*. [s.l.: s.n.].

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Movilidad Eléctrica. Avances en América Latina y el Caribe 4ta edición*. Acesso em: 31 ago. 2021. Disponível em: <https://movelatam.org/4ta-edicion/>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA), Ministerio de Ambiente de Panamá e Secretaria Nacional de Energia. *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Panamá*. Acesso em: 31 ago. 2021. Disponível em: <https://movelatam.org/estrategias/panama/>

RRI (Resource Renewal Institute). *Mexico City Green Plan – Resource Renewal Institute (RRI)*. Disponível em: <https://www.rri.org/mexico-city-green-plan/>

RUNT (Registro Único Nacional de Tránsito). *Parque automotor registrado en RUNT Agosto de 2021*. Acesso em: 21 set. 2021. Disponível em: <https://www.runt.com.co/runt-en-cifras/parque-automotor>

SANTOS, M. *Por uma outra Globalização: do pensamento único à consciência universal*. 30 ed. ed. Rio de Janeiro: Record, 2020.

SEPSE (Secretaria Planificación Subsector Energía). *Eficiencia Energética*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://sepse.go.cr/eficiencia-energetica/>

SIOMMAA. *SIOMAA – Líderes en inteligencia de mercado*. [S. l.], 2021. Acesso em: 16 set. 2021. Disponível em: <https://www.siomaa.com/Reports>

THE WORLD BANK. *Urban population (% of total population) | Data*. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?view=chart>

TRANSMILENIO. *Planificación e implementación de la Flota Eléctrica en el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá. Componente Zonal*. Acesso em: 20 set. 2021. Disponível em: <https://ledslac.org/wp-content/uploads/2020/10/Dia-3-Presentacion-Bogota.pdf>. Acesso em: 6 set. 2021.

U.S GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral Commodity Summaries 2021*. Acesso em: 20 set. 2021. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>

UN DESA (United Nations. Department of Economic and Social Affairs). *World Population Prospects 2019*. Acesso em: 26 set. 2021. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>

VASCONCELLOS, E. *Mobilidade Urbana: O que você precisa saber*. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

WONG, H. P. *Mexico City, Mexico Mexico City's Green Plan: EcoMobility. ICLEI Case Studies*. [s.l.: s.n.].

WORLD BANK. *Latin America Clean Bus in LAC. Lessons from Chile's Experience with E-mobility*, 2020.

Mobilidade Elétrica na América Latina

*Mauricio T. Tolmasquim
Alberto José Leandro Santos
David Alves Castelo Branco*

Introdução

Espera-se um crescimento do número de veículos elétricos na América Latina nesta década, devido a políticas públicas de incentivo à mobilidade elétrica na região (QUIROS-TORTOS et al, 2019). Dado que 45% das emissões de dióxido de carbono advêm do setor de transportes, a eletrificação da frota de veículos leves surge como uma oportunidade para a região atingir as metas do Acordo de Paris (QUIROS-TORTOS et al., 2019). No entanto, as políticas públicas adotadas para a promoção deste tipo de veículos em países latino-americanos são modestas se comparadas com as de países desenvolvidos. Como os recursos são escassos, ações com melhor custo-benefício são priorizadas (GÓMES-GÉLVEZ, et al., 2016). Os principais desafios são os preços de varejo de veículos elétricos que ainda são muito elevados para os países em desenvolvimento, a falta de incentivos financeiros que tornem estes veículos competitivos em custo com os convencionais, as alternativas de combustíveis limpos como o etanol, e a infraestrutura de recarga insuficiente (QUIROS-TORTOS et al., 2019).

Por outro lado, a presença de uma matriz elétrica com forte participação de energias renováveis em vários países, a rápida urbanização, a alta utilização de transporte público e os altos níveis de poluição na América Latina, fazem com que a mobilidade elétrica movida por energia limpa comece a despertar o interesse dos governantes locais, assim como de seus cidadãos. De acordo com Máñez Gomis et al. (2019), diversos países latino-americanos já estabeleceram metas de mobilidade elétrica para os próximos anos: o Chile estipulou que 100% do transporte público e que 40% do transporte particular será elétrico em 2050 (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Na Costa Rica, foi estabelecido que 25% e 60% da frota de veículos leves deve ser composta por

veículos com zero emissões em 2030 e 2050, respectivamente. Tem-se como meta também neste país tornar 70% e 100% da frota de ônibus e táxis composta por meios de transporte com zero emissões em 2030 e 2050, respectivamente. O Panamá promete que entre 10% e 20% de sua frota circulante de veículos particulares será composta por veículos elétricos em 2030, e que entre 25% e 40% das vendas de veículos novos particulares serão representadas por veículos elétricos no mesmo ano. A Colômbia pretende ter 600 mil veículos elétricos em sua frota circulante em 2030.

Neste trabalho, será analisada a política de incentivos financeiros fornecidos a veículos e ônibus elétricos na América Latina, *vis a vis* a experiência mundial.

Mobilidade elétrica no mundo

O *market share* global de veículos elétricos novos, levando em consideração apenas veículos puramente elétricos (BEV, pela sua sigla em inglês) e veículos híbridos elétricos *plug-in* (PHEV, pela sua sigla em inglês), atingiu o patamar de 4,6% em 2020. O volume destes veículos no mundo chegou a 10 milhões de unidades, com crescimento de 41% entre 2019 e 2020, apesar da pandemia de Covid-19, que reduziu as vendas globais de automóveis em 16% no mesmo intervalo de tempo (IEA, 2021(a)).

Cerca de 45% da frota circulante de veículos elétricos do mundo em 2020 está localizada na China, com 4,5 milhões de carros, sendo que 1,16 milhões foram comercializados somente em 2020, com crescimento de 32% em relação ao ano anterior. Na Europa há cerca de 3,2 milhões de veículos elétricos (VE) em circulação, no mesmo ano. Destes, 1,4 milhão foram comercializados apenas em 2020. Já nos Estados Unidos havia, aproximadamente 1,7 milhões de veículos elétricos nas ruas em 2020, cerca de 17% da frota mundial. Cerca de 200 mil veículos elétricos foram vendidos em 2020 nos Estados Unidos, uma quantidade consideravelmente menor que na China e na Europa (IEA, 2021(a)). O Gráfico 1 exibe o *market share* de veículos elétricos em alguns países.

Em termos de *market share* por país, a Noruega é a líder no mundo, com cerca de 75% das vendas de veículos novos atribuídas a elétricos em 2020, muito superior aos 56% registrados em 2019. Em 2011, essa proporção era de apenas 1%. Contudo, no intervalo de tempo entre 2019 e 2020, o crescimento das vendas de veículos elétricos mais intenso ocorreu na França, Alemanha e Reino Unido, que registraram, respectivamente, um *market share* de 11,3%, 13,5% e 11,3% em 2020, face aos 2,8%, 2,9% e 3,4% observados no

ano anterior. Na China, apesar do volume de veículos elétricos vendidos em 2019 ser o maior do mundo, o *market share* é de apenas 5,7% (IEA, 2021(a)).

Considerando apenas a América Latina, a frota circulante de veículos elétricos é consideravelmente menor, conforme mostrado no Gráfico 2.

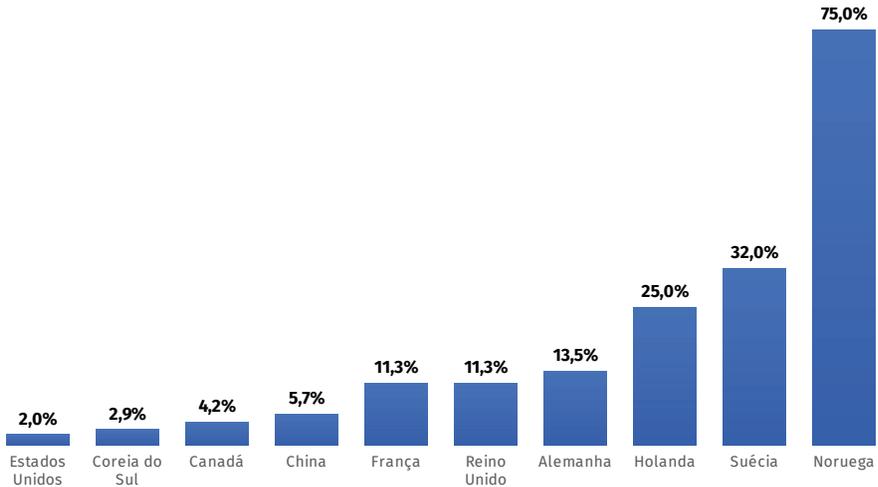


Gráfico 1. *Market share* de veículos elétricos por país em 2020.

Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2021(a)).

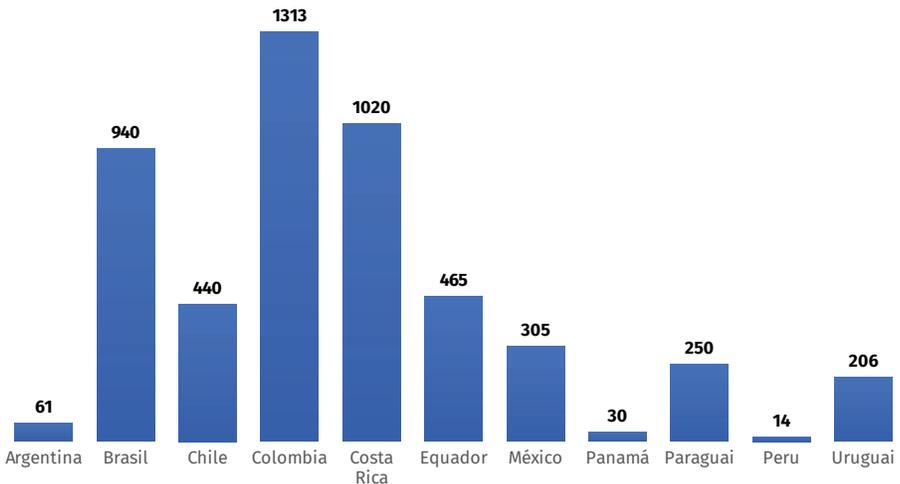


Gráfico 2. Frota circulante de veículos elétricos a bateria (BEV) na América Latina até 2019.

Fonte: Elaboração própria, com base em Mâñez Gomis et al. (2019) e IEA (2020).

O Brasil tinha cerca de 2.405 veículos elétricos, considerando BEV e PHEV, registrados até 2019 (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019 e ABRAVEI, 2019). Destes, 940 são veículos elétricos a bateria (IEA, 2020). Colômbia e Costa Rica, apesar de contarem com frotas automobilísticas menores que a brasileira, possuíam mais veículos elétricos a bateria nas ruas que o Brasil em 2019.

Com relação a ônibus elétricos, havia cerca de 600 mil unidades no mundo em 2020, sendo que cerca de 98% desses estão em circulação na China (IEA, 2021(a)). Somente neste ano, foram vendidos 75 mil ônibus elétricos no mundo. Na Europa, 2.100 novos ônibus elétricos foram registrados em 2020. O Gráfico 3 exibe a quantidade de ônibus elétricos vendidos por região em 2020.

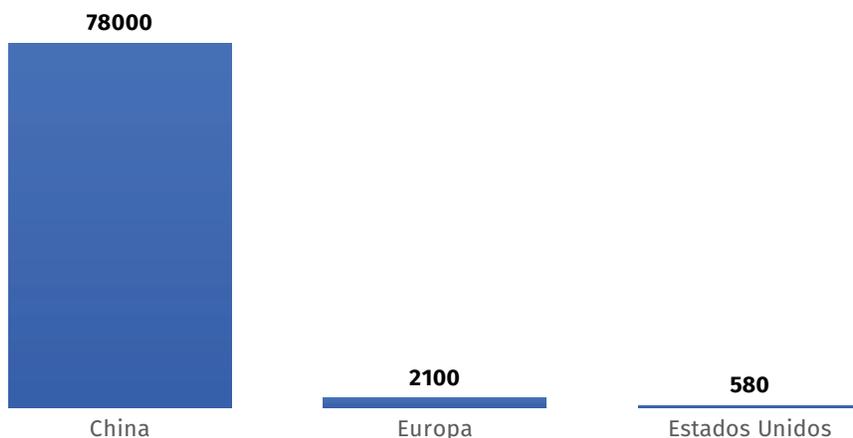


Gráfico 3. Vendas de ônibus elétricos em 2020.

Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2021a).

Com relação a caminhões elétricos, foram vendidas aproximadamente 7.400 unidades no mundo em 2020. Destes, 6.700 foram registrados na China, o que representa 90% do total (IEA, 2021(a)). As principais justificativas para a maior concentração de caminhões elétricos na China são a oferta de subsídios de compra e a exclusão do limite de peso máximo, como critério para oferecer estes subsídios para caminhões (IEA, 2020).

Políticas públicas para implementação de mobilidade elétrica e de infraestrutura de recarga no mundo

Em diversos países do mundo, políticas públicas foram implementadas para promover a mobilidade elétrica, com o intuito de reduzir o uso de meios de transporte movidos a combustíveis fósseis. As políticas públicas são guiadas por metas estipuladas pelos governos, como limites de emissão de gases de efeito estufa, objetivos de vendas e de frota de veículos elétricos nos próximos anos e metas de eficiência de combustíveis, dentre outras. Como exemplo, a Noruega anunciou que produzirá apenas veículos com emissão zero (ZEV, pela sua sigla em inglês) a partir de 2025 (IEA, 2020); o Reino Unido vai banir a venda de veículos a gasolina e a diesel a partir de 2030 (Government of the UK, 2020); na França, espera-se aprovar uma lei que proibirá a venda de veículos movidos a combustíveis fósseis a partir de 2040. Diversos outros países europeus, como Holanda, Espanha e Portugal, determinaram metas de produzir apenas ZEV em meados da década de 2030. O Canadá estipulou esta mesma meta para o ano de 2040 (IEA, 2020).

Veículos elétricos

Um obstáculo para uma maior entrada de veículos elétricos nos mercados automotivos é o elevado preço de varejo destes (VILCHEZ et al., 2019). Apesar de veículos elétricos possuírem custos operacionais inferiores aos de veículos a combustão interna, estudos mostram que os consumidores priorizam o custo de aquisição aos custos operacionais ao comprar um veículo (FRONTIER ECONOMICS AND ELEMENT ENERGY, 2013). Assim, por terem um preço de varejo consideravelmente superior ao de veículos a combustão interna, os veículos elétricos saem em desvantagem na preferência do consumidor. Desta forma, governos buscam aumentar a participação de veículos elétricos nas vendas através de incentivos financeiros para o consumidor a fim de reduzir o preço de varejo final dos carros.

Incentivos financeiros para aquisição de veículos elétricos no mundo

Os incentivos são aplicados na forma de isenção de taxas e de subsídios na compra dos VE (IEA, 2020). Isenção de taxas refere-se ao abatimento de impostos incidentes sobre o valor do veículo. Já os subsídios financeiros são créditos fornecidos pelo governo ao consumidor na compra de um veículo.

Ambos os incentivos diminuem o preço final de compra de veículos elétricos, visando a torná-los competitivos financeiramente com veículos a combustão interna (IEA, 2020).

A isenção de taxas é um dos principais incentivos financeiros em países nórdicos, por meio do abatimento de taxa de registro e do Imposto de Valor Agregado (IVA). Estes incentivos são muito importantes nestes países, porque estas taxas costumam ser muito mais elevadas que em outras federações (IEA, 2018). Países como Estados Unidos, China, Índia e Itália também aplicam redução de taxas para incentivar a compra de veículos elétricos. Incentivos financeiros podem ser concretizados também por meio de subsídios monetários, na forma de créditos fornecidos ao consumidor na compra de um veículo elétrico. Diversos países da União Europeia fornecem subsídios financeiros na compra de BEV e PHEV. Já países asiáticos, como Japão e Coreia do Sul, implementam também elevados subsídios na compra de FCEV, juntamente com BEV e PHEV (IEA, 2020). As principais medidas de incentivos financeiros em diversos países do mundo estão dispostas no anexo.

Observa-se que subsídios financeiros na compra de veículos elétricos são aplicados em diversos países europeus. Alemanha, França e Itália oferecem subsídios de 6.000 euros (equivalentes a 7.080 dólares) para a aquisição de veículos elétricos, os mais elevados da região, dependendo de certos fatores. No Japão e na Coreia do Sul, os subsídios fornecidos na compra de FCEV são muito maiores e superam 20.000 dólares. Nos Estados Unidos, o único incentivo vigente está na isenção de taxas em até 7.500 dólares, mas mudanças podem ocorrer em breve: o presidente Joe Biden anunciou um plano de infraestrutura orçado em 2 trilhões de dólares, dos quais 174 bilhões seriam destinados à mobilidade elétrica (GOVERNO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2021). Entre os objetivos estipulados, com um financiamento de 15 bilhões de dólares, está a consolidação de uma rede nacional de recarga com 500.000 pontos para veículos elétricos até 2030, um valor consideravelmente maior que os pouco mais de 100.000 pontos de carregamento instalados atualmente no país em cerca de 41.000 estações (AFDC, 2021 e GOVERNO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2021). Neste plano, também estão previstos novos incentivos financeiros e isenção de taxas para compradores de veículos elétricos fabricados nos Estados Unidos (GOVERNO DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2021).

Competitividade entre veículos elétricos e a combustão interna

Os veículos elétricos já são competitivos financeiramente com veículos a combustão interna em diversos países da Europa com os incentivos governamentais. A Tabela 1 exibe os resultados de um estudo conduzido por Wappelhorst et al. (2018), que compara o custo total de propriedade ao longo de 4 anos de modelos elétricos, híbridos e movidos a combustão interna do Volkswagen Golf em países europeus. Este custo total de propriedade contabiliza todos os custos acumulados pelos veículos ao longo de 4 anos, incluindo preço de compra, taxas e custos com combustível ou eletricidade. O Gráfico 4 ilustra estes resultados.

Tabela 1. Custo total de propriedade de veículos ao longo de 4 anos na França, Alemanha e Reino Unido (em euros).

Pais	Modelo VW Golf	Pedágio	Combustível/eletricidade	Emplacamento	IVA	Preço base	Total
França	TSI gasolina	80	3.030	378	5.491	27.300	36.279
	TSI Diesel	80	2.462	568	5.682	29.627	38.419
	TDI PHEV	80	569	0	6.630	34.000	41.279
	GTE BEV	80	568	0	5.493	27.400	33.541
Alemanha	TSI gasolina	0	2.718	362	4.891	25.725	33.696
	TSI Diesel	0	1.993	906	5.253	28.261	36.413
	TDI PHEV	0	906	363	5.253	28.162	34.684
	GTE BEV	0	1.268	0	5.073	26.449	32.790
Reino Unido	TSI gasolina	9.574	2.852	408	4.685	24.037	41.556
	TSI Diesel	9.778	2.648	408	4.889	24.648	42.371
	TDI PHEV	80	611	0	5.500	28.111	34.302
	GTE BEV	80	204	203	4.889	25.667	31.043

Fonte: Elaboração própria, com base em Wappelhorst et al. (2018).

Observa-se no Gráfico 4 que, em países como França, Alemanha e Reino Unido, veículos elétricos possuem um custo total de propriedade ao longo de 4 anos inferior ao de veículos a combustão interna. O preço base de compra dos veículos elétricos é similar ao dos veículos movidos a combustão interna nos países citados acima. Nota-se também que os custos variáveis com eletricidade dos automóveis elétricos são consideravelmente menores que os custos variáveis com combustíveis dos automóveis movidos a combustão interna. No entanto, o componente que efetivamente torna o custo

dos veículos elétricos inferior ao custo dos veículos a combustão interna é o subsídio financeiro na compra. Os subsídios de 6.000 euros na França, 4.380 euros na Alemanha e 5.100 euros no Reino Unido são determinantes para a manutenção do custo de veículos elétricos em um patamar mais baixo que de veículos a combustão interna. Os incentivos na França, Alemanha e Reino Unido podem estar associados com o súbito aumento do *market share* de veículos elétricos nesses países entre 2019 e 2020, conforme verificado no Gráfico 1.

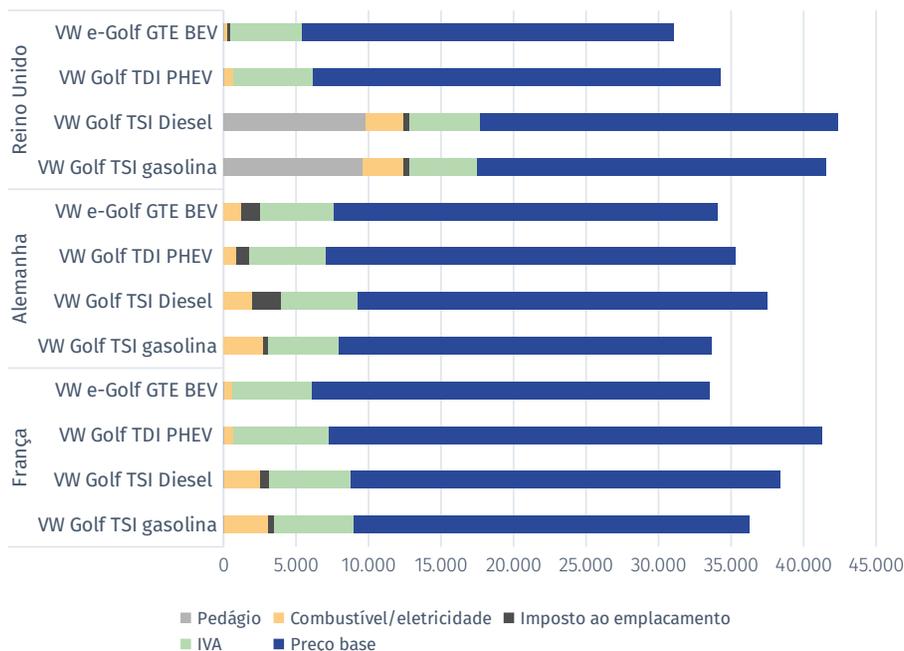


Gráfico 4. Custo total de propriedade de veículos ao longo de 4 anos na França, Alemanha e Reino Unido (em euros).

Fonte: Elaboração própria, com base em Wappelhorst et al. (2018).

A redução de taxas também é um incentivo financeiro, fortemente empregado em países nórdicos. Seu emprego nestes locais é resultante da estrutura tarifária desses países, onde as taxas aplicadas em veículos estão entre as mais elevadas do mundo. China, Estados Unidos e México também aplicam esta medida como incentivo. As taxas de registro são de 15% na Islândia, 23% na Finlândia, 30% na Noruega e 88% na Dinamarca (IEA, 2020). Em todos estes países, há redução da taxa de registro aplicada sobre veículos elétricos. Adicionalmente, há isenção de IVA (Imposto de Valor Agregado) na Noruega e Islândia para veículos elétricos. Nestes países, o IVA corresponde

a 30% e 24% do preço do veículo não-taxado, respectivamente. Em contraste, em outros países europeus, o IVA varia entre 19% e 22% e a taxa de registro é inferior a 20%. Nos Estados Unidos, a maior taxa de compra de veículos é cobrada na Califórnia, podendo chegar a 10,8% (IEA, 2018).

O mecanismo de redução de taxas tornou os veículos elétricos competitivos em preço com veículos a combustão interna em países nórdicos. A Tabela 2 compara os preços de compra de dois modelos de Volkswagen Golf disponíveis na Noruega no ano de 2017. Um modelo é o Volkswagen Golf movido a combustão interna e o outro é o Volkswagen e-Golf, veículo elétrico movido exclusivamente por baterias (BEV).

Tabela 2. Comparativo de preços entre o Volkswagen Golf (ICE) e o Volkswagen e-Golf (BEV) na Noruega em 2017 (em euros).

	Volkswagen Golf	Volkswagen e-Golf
Preço de importação	22.046	33.037
Taxa de CO ₂	4.348	-
Taxa de NO _x	206	-
Taxa de peso	1.715	-
Taxa de sucateamento (<i>Scrapping tax</i>)	249	249
IVA	5.512	-
Preço final	34.076	33.286

Fonte: Elaboração própria, com base em Norsk-Elbilforening (Associação Norueguesa de Veículos Elétricos) (2017).

Observa-se que o preço de importação da versão elétrica do Golf é 50% superior ao da versão movida a combustão interna. Contudo, a adição do IVA e da taxa de registro – equivalente à soma das taxas de CO₂, NO_x e peso acima – torna o preço final do Volkswagen Golf convencional maior que o preço final do Volkswagen e-Golf, já que o modelo elétrico é isento de ambas as taxas.

No Gráfico 5 se comparam os preços para aquisição de veículos a combustão interna (ICE), veículos elétricos a bateria (BEV) e veículos híbridos elétricos plug-in (PHEV) nos países nórdicos no ano de 2017. O modelo usado como base para comparação foi o Volkswagen Golf, que apresenta uma versão para cada tipo de motorização: Volkswagen Golf 1.0 110 hp Turbo Stratified Injection (TSI) petrol (ICE), Volkswagen e-Golf (BEV) e Volkswagen Golf GTE (PHEV).

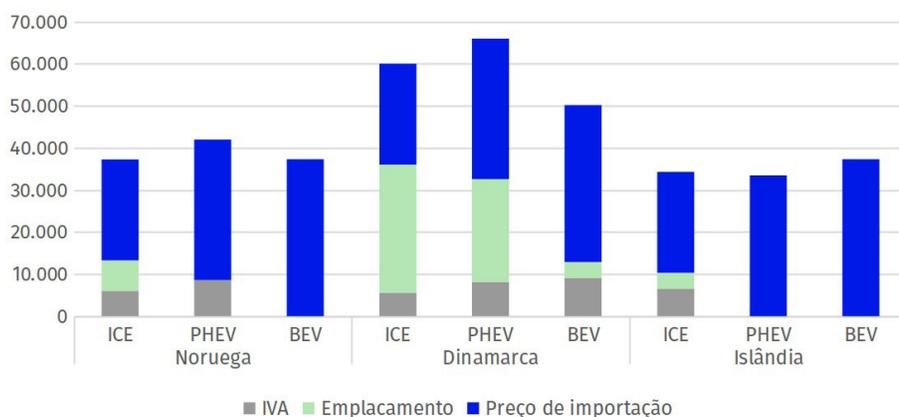


Gráfico 5. Comparativo de preços de compra de veículos a combustão interna (ICE), veículos elétricos a bateria (BEV) e veículos híbridos elétricos plug-in (PHEV) em Noruega, Dinamarca e Islândia (em euros).

Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2018).

Tabela 3. Comparativo de preços de compra de veículos a combustão interna (ICE), veículos elétricos a bateria (BEV) e veículos híbridos elétricos plug-in (PHEV) em Noruega, Dinamarca e Islândia (em euros).

Países	Modelos	IVA	Emplacamento	Preço de importação	Total
Noruega	ICE	6.000	7.268	24.000	37.268
	PHEV	8.571	0	33.429	42.000
	BEV	0	0	37.286	37.286
Dinamarca	ICE	5.571	30.429	24.000	60.000
	PHEV	8.143	24.428	33.429	66.000
	BEV	9.000	3.857	37.286	50.143
Islândia	ICE	6.429	3.857	24.000	34.286
	PHEV	0	0	33.429	33.429
	BEV	0	0	37.286	37.286

Fonte: Elaboração própria, com base em IEA (2018).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que na Noruega e na Dinamarca, os preços finais de veículos elétricos a bateria, são os menores, apesar dos maiores custos de importação. Isto só foi possível com o desconto de 80% no valor da taxa de registro para os elétricos na Dinamarca e com a isenção total de IVA e da taxa de registro na Noruega. Na Islândia, o

abatimento das taxas aproximou o preço final dos veículos elétricos dos demais veículos, tornando os automóveis movidos a bateria mais competitivos financeiramente.

Pesquisa de Opinião

Na Noruega, segundo dados de uma pesquisa conduzida por NEVA (2016) (Associação Norueguesa de Veículos Elétricos) e pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2018), o principal motivo que levou os consumidores a adquirir um veículo elétrico foi o incentivo governamental para a compra do veículo, composto principalmente pela isenção do IVA e a isenção da taxa de registro. Na sequência, os motivos mais citados foram as medidas que ajudam os proprietários a economizar dinheiro, como isenção de pedágio, menores taxas de circulação e menores custos com consumo de eletricidade dos veículos elétricos, com relação aos custos com consumo de combustíveis fósseis de veículos a combustão interna. Destacam-se também como benefícios econômicos estacionamento, carregamento e tarifas de transporte em balsas gratuitos.

O nível de satisfação dos consumidores com os veículos elétricos é muito alto. Cerca de 96,5% dos participantes da mesma pesquisa afirmaram estar satisfeitos ou muito satisfeitos com o veículo elétrico adquirido (IEA, 2018). Se estas pessoas tivessem que comprar um novo carro, 70% delas escolheriam um veículo elétrico novamente, desde que mantidos todos os incentivos vigentes (IEA, 2018). Caso o IVA seja incluído na compra e a taxa de registro continue isenta, apenas 17% dos participantes da pesquisa comprariam um veículo elétrico mais uma vez. Para o caso de o veículo elétrico novo continuar com o IVA isento, mas com taxa de registro incluída na compra, cerca de 18% dos participantes da pesquisa adquiririam um veículo elétrico novamente (IEA, 2018). Deste modo, verifica-se que as pessoas compram os veículos elétricos principalmente pelas vantagens econômicas que obtêm com os incentivos governamentais.

Ônibus Elétricos

Subsídios financeiros na compra também são aplicados como políticas de incentivo a ônibus elétricos em diversos locais no mundo. Em cidades como Calcutá (Índia) e Shenzhen (China) utilizaram-se de subsídios governamentais para aquisição de ônibus elétricos e expansão de suas respectivas frotas (IEA, 2020). Em Calcutá, implementou-se o programa denominado “Faster

Adoption and Manufacturing of Electric & Hybrid Vehicles” (FAME I), que disponibilizou fundos governamentais e estaduais para aquisição de 80 ônibus elétricos, juntamente com equipamentos de recarga das baterias.

Shenzhen foi uma das primeiras cidades do mundo que estabeleceu uma frota de ônibus 100% elétrica. Formada por 16.000 ônibus, a frota atende 42% do transporte público da cidade, cuja população urbana é superior a 12 milhões de pessoas. Isto foi possível graças a subsídios governamentais na compra destes ônibus da ordem de 1 milhão de yuan (150.000 dólares) por ônibus. O governo chinês financiou também uma infraestrutura de recarga, fornecendo cerca de 600 ienes (90 dólares) por kW de recarga instalada (IEA, 2020).

Há cidades que promoveram a expansão da frota de ônibus elétricos com parcerias privadas, como Santiago (Chile). Neste caso, companhias de energia forneceram, por meio de *leasing*, ônibus elétricos e equipamentos de recarga para operadoras de ônibus de Santiago, além de fornecer eletricidade limpa para a sua locomoção. Em outubro de 2021, Santiago possuía cerca de 819 ônibus elétricos nas ruas, o equivalente a 8% de sua frota (E-BUS RADAR, 2021).

Perspectivas para implementação de mobilidade elétrica na América Latina

A América Latina está fazendo progresso na implementação da mobilidade elétrica. A região possui oportunidades e desafios que devem ser analisados para se chegar à melhor estratégia de mobilidade elétrica. Como citado anteriormente, uma matriz elétrica com forte participação de energia renovável é benéfica para a eletrificação da frota de veículos leves, visto que as emissões de gases de efeito estufa do setor elétrico associadas à recarga de veículos elétricos são pequenas se comparadas a uma matriz elétrica composta majoritariamente por fontes não-renováveis. Cerca de 41% da oferta de energia elétrica da América Latina é fornecida por fontes renováveis e limpas (QUIROS-TORTOS et al., 2019). Paraguai, Costa Rica, Uruguai e Brasil possuem as maiores participações de renováveis em suas matrizes elétricas na região, com percentuais iguais a 100%, 99%, 97% e 84% em 2020, respectivamente (IEA, 2021b). Hidrelétricas representam a principal fonte de energia nestes países (IEA, 2021a). Ressalta-se que, em anos de estiagem, pode haver menor disponibilidade de recurso hídrico nestes locais, o que forçaria estes países a importar ou gerar eletricidade de fontes que podem ser mais poluentes, como as termelétricas movidas a combustíveis fósseis. No Brasil, por exemplo, o percentual de renováveis na matriz elétrica caiu de 87% para

73% entre 2011 e 2014, devido a estiagens que ocorreram neste período (IEA, 2021b). No mesmo período, as emissões totais de CO₂ do setor de energia do Brasil aumentaram de 37 MtCO₂ para 96 MtCO₂ (IEA, 2021b). Portanto, em anos de estiagem, haverá uma maior participação de fontes poluentes na matriz elétrica, o que aumentará as emissões indiretas de veículos elétricos. Em cenários de mudanças climáticas, estiagens podem vir a ser mais frequentes, levando a uma elevação do percentual de fontes mais poluentes na matriz elétrica e a maiores emissões de gases de efeito estufa provocadas pelo carregamento de veículos elétricos (SCHAEFFER et al., 2012).

Ainda assim, as emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao setor de transportes podem ser reduzidas significativamente nestes países com a adoção de veículos elétricos (GÓMEZ-GÉLVEZ et al., 2016). Por outro lado, as participações de renováveis nas matrizes elétricas de México, Argentina e Bolívia estão entre as menores na América Latina, iguais a 19%, 25% e 37% em 2019, respectivamente (IEA, 2021b). Por terem uma matriz elétrica composta majoritariamente por térmicas a óleo e gás, teriam reduções mais modestas dessas emissões com a entrada de veículos elétricos (Gómez-Gélvez, et al., 2016). Além disso, outra vantagem da América Latina para a adoção de veículos elétricos está na consolidação de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, principalmente em áreas urbanas (GÓMES-GÉLVEZ- et al., 2016).

Um dos desafios à implementação de veículos elétricos na América Latina é o estabelecimento de uma infraestrutura de recarga. O receio de ficar com a bateria descarregada em plena viagem, também denominado de “*range anxiety*”, é uma das principais barreiras à adoção destes veículos. No Brasil, por exemplo, veículos percorrem em média cerca de 12,9 mil quilômetros no primeiro ano, ou 35 quilômetros por dia (KELLEY BLUE BOOK, 2019). A autonomia média de um veículo elétrico a bateria BEV é de cerca de 340 km (IEA, 2021a). Desta forma, em média, esta autonomia seria suficiente para uma viagem diária de um veículo. Com a possibilidade de se carregar os veículos em casa, pode-se atender grande parte da demanda sem a necessidade de deslocamento até estações públicas de recarga rápida (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016). Em média, entre 50% e 80% dos carregamentos são realizados em casa, enquanto entre 15% e 25% destes são efetuados no trabalho (HARDMAN et al., 2018).

No entanto, em caso de viagens intermunicipais, as distâncias ficam maiores e o receio de descarregamento da bateria aumenta. Em um país continental como o Brasil, longas viagens de carro pelas rodovias são comuns, especialmente em feriados. Segundo a concessionária que administra

a rodovia Presidente Dutra, que liga São Paulo ao Rio de Janeiro, cerca de 772 mil viagens são realizadas na rodovia diariamente. Durante feriados, mais de 1 milhão de veículos podem trafegar por esta rodovia, que possui mais de 400 km de extensão, superior à autonomia média dos veículos elétricos (CCR, 2021). Desta forma, veículos elétricos precisariam ser recarregados durante longas viagens intermunicipais, necessitando assim de uma infraestrutura de estações de recarga ao longo das rodovias.

Atualmente, o desenvolvimento da infraestrutura de recarga na América Latina é conduzido por companhias automotivas e de eletricidade, como a construção de dois corredores de veículos elétricos no Brasil e no Chile (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Em 2020, a companhia Enel X anunciou a criação do corredor panamericano, com 196 pontos de recarga em 11 países da América Latina, ao longo da Cordilheira dos Andes, desde o extremo sul da Argentina até o México (Enel X, 2020). Em 2019, a companhia EDP anunciou a instalação de uma rede de carregamento composta por 30 pontos de recarga ultrarrápidos no Brasil até 2022 (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). No Chile, a companhia Copec VOLTEX construiu um corredor que possui 1.400 km de extensão. Planeja-se que, até o final de 2021, apenas este corredor contenha cerca de 300 estações de recarga. A companhia de energia Enel X anunciou um plano de construir mais 1.200 estações de recarga no Chile até 2024, além dos 80 pontos de recarga que a companhia já tinha em 40 estações de recarga presentes no país no início de 2019 (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). O Gráfico 6 exibe o número de estações de recarga e de conectores públicos por país na América Latina em outubro de 2021, com base em Electromaps (2021).

Verifica-se no Gráfico 6 que o México é o país que possui a maior infraestrutura de recarga pública de veículos elétricos da América Latina atualmente, com 292 estações de recarga e 684 conectores. A Costa Rica, com uma população igual a somente 4% da população mexicana, possui uma infraestrutura de recarga equivalente a 83% da do México, considerando apenas o número de estações de recarga. Chile, Brasil e Colômbia também se destacam entre as maiores infraestruturas de recarga.

Uma outra barreira para a eletrificação da frota de veículos leves é o custo da eletricidade (Gómez-Gélvez, et al., 2016). Na América Latina, usualmente, o custo do consumo de energia elétrica é inferior ao custo de consumo de combustíveis (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016). A partir dos custos com eletricidade e gasolina e do consumo dos veículos, é possível calcular o custo por quilômetro rodado de veículos elétricos e veículos a combustão interna (ICEV, pelo seu acrônimo em inglês¹). O custo por quilômetro roda-

1 ICEV: Internal combustion engine vehicle.

do em veículos é igual ao produto entre o custo com combustível (tarifa de eletricidade para BEV e preço por litro de gasolina para ICEV) e o consumo de combustível (demanda de eletricidade para BEV ou de gasolina para ICEV por quilômetro percorrido). O uso de veículos elétricos seria vantajoso, do ponto de vista de consumo de combustível, caso seus custos por quilômetro rodado sejam inferiores aos de veículos a combustão interna. Os dados de entrada para o cálculo estão na Tabela 4.

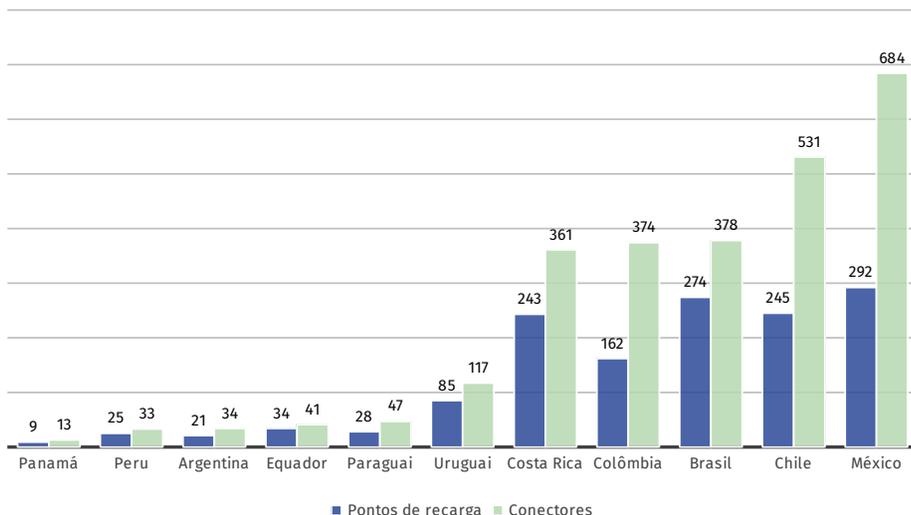


Gráfico 6. Número de estações de recarga e conectores públicos por país da América Latina em outubro de 2021.

Fonte: Elaboração própria, com base em Electromaps (2021).

Para se calcular o custo por quilômetro percorrido, precisa-se saber o consumo de combustível por veículo, já que não é possível comparar os preços listados na Tabela 4, por terem unidades diferentes. Considera-se que o consumo de gasolina de veículos a combustão interna é de 0,0784 litros por quilômetro, e que o consumo de eletricidade de veículos elétricos é de 0,133 kWh/km, com base em Gómez-Gélvez et al. (2016). O Gráfico 7 exibe os custos por quilômetro percorrido em veículos elétricos e veículos a combustão interna na América Latina, calculados por elaboração própria a partir dos dados de entrada supracitados.

Tabela 4. Preços do litro da gasolina e tarifa de eletricidade por país da América Latina em março de 2021.

País	Preço do litro da gasolina (dólares/litro)	Tarifa de eletricidade (dólares/kWh)
Argentina	0.919	0.063
Brasil	1.001	0.128
Chile	1.266	0.200
Colômbia	0.620	0.152
Costa Rica	1.167	0.126
Equador	1.138	0.149
El Salvador	0.505	0.096
Honduras	0.954	0.176
México	1.062	0.186
Panamá	1.096	0.084
Paraguai	0.852	0.161
Peru	0.990	0.062
Uruguai	0.995	0.190

Fonte: Elaboração própria, com base em Global Petrol Prices (2021).

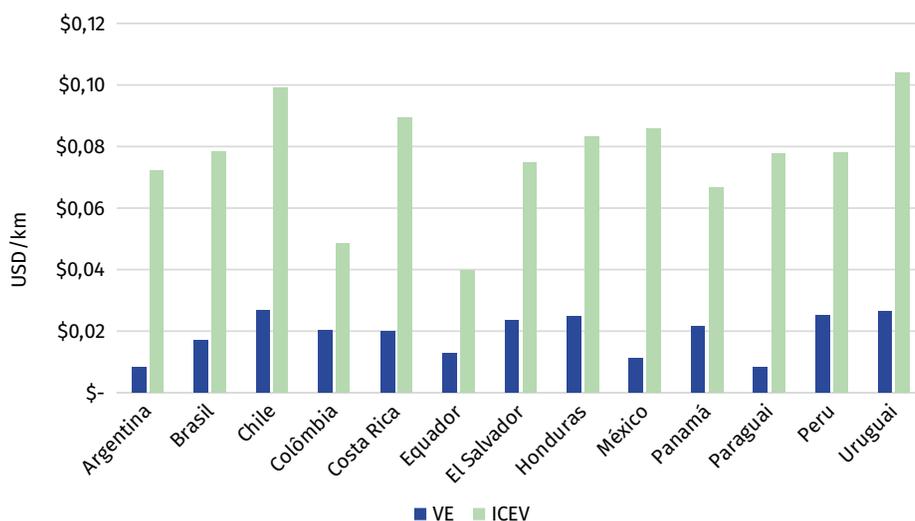


Gráfico 7. Custos com eletricidade para veículos elétricos (VE) e gasolina para ICEV por quilômetro percorrido na América Latina.

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se que, em todos os países analisados, o custo por quilômetro rodado com gasolina é maior que com eletricidade. Essa diferença é maior no Paraguai e na Argentina, onde o custo com gasolina rodado é cerca de 9 vezes maior que o custo com eletricidade. Na Colômbia, a diferença verificada foi a menor, com o custo com gasolina cerca de 2 vezes superior ao custo com eletricidade. Portanto, atualmente, as tarifas de eletricidade na América Latina estão em um patamar que tornam os custos com combustível de veículos elétricos consideravelmente menores que os de veículos a combustão interna.

Incentivos financeiros adotados para promoção de veículos elétricos na América Latina

Apesar de a América Latina contar com uma matriz elétrica predominantemente renovável, com uma infraestrutura de recarga pública em evolução e com tarifas de eletricidade em um patamar que tornem o custo por quilômetro percorrido de veículos elétricos inferiores ao de ICEV, há ainda uma barreira que dificulta a difusão de veículos elétricos na região: o elevado preço de compra. Como abordado anteriormente, incentivos financeiros na compra representam uma importante estratégia para a implementação de veículos elétricos em diversos países. Incentivos nas formas de isenção ou redução de taxas podem ser eficazes em países com estrutura tarifária composta por elevados impostos que encarecem demasiadamente o preço final de veículos elétricos. A Tabela 5 exibe os principais incentivos financeiros adotados em países da América Latina para a aquisição de veículos elétricos.

Tabela 5. Incentivos financeiros para aquisição de veículos elétricos na América Latina.

	Incentivos financeiros
Argentina	Redução do imposto de importação de 35% para 5%, 2% ou 0% para veículos elétricos fabricados somente por empresas que produzem automóveis em solo argentino, com um limite de 1.000 unidades, até abril de 2021 (GOVERNO DA ARGENTINA, 2017).
Brasil	Isenção total de impostos de importação (35%) e a redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) de 25% para 7% para veículos elétricos (GOVERNO DO BRASIL, 2020). Para veículos híbridos, o imposto de importação fica entre 0% e 7%, dependendo da capacidade do motor de combustão interna (MAÑEZ GOMIS et al., 2019). Além disso, sete estados do país isentam o proprietário de veículos elétricos de taxas anuais de propriedade (IPVA).

	Incentivos financeiros
Colômbia	Isenção da taxa de importação e redução do imposto de valor agregado (IVA) de 19% para 5% para veículos elétricos (Governo da Colômbia, 2019; QUIROS-TORTOS et al., 2019; QUIROS-TORTOS et al., 2019). Isenção do imposto sobre o consumo, que varia entre 8% e 16% para veículos a combustão interna (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016).
Costa Rica	Redução em até 100% do imposto aplicado sobre as vendas, do imposto seletivo de consumo e do imposto de valor agregado de veículos elétricos, dependendo do preço do veículo, além de zerar o imposto de importação destes veículos (GOVERNO DA COSTA RICA, 2018; QUIROS-TORTOS et al., 2019).
Equador	Isenção do Imposto de Valor Agregado (14%) e de taxas de consumo para veículos elétricos por até 5 anos (MÁNEZ GOMIS et al., 2019; QUIROS-TORTOS et al., 2019). Além disso, zerou-se o imposto de importação (15%) para veículos elétricos com preço inferior a dólares FOB 40.000 (GOVERNO DO EQUADOR, 2019; QUIROS-TORTOS et al., 2019).
El Salvador	Isenção dos impostos de importação (25%) e de valor agregado de veículos elétricos (13%) (GOVERNO DE EL SALVADOR, 2020).
Honduras	Isenção de taxas de importação (10%) e de impostos de consumo (10%-60%) que variam de acordo com seus preços CIF ² (COMIECO, 2020; GOVERNO DE HONDURAS, 2017).
México	Isenção do Imposto sobre Automóveis Novos (ISAN), que varia entre 2% e 17% (MÁNEZ GOMIS et al., 2019). Há também desconto de 20% em pedágios em algumas rodovias mexicanas para veículos elétricos e híbridos (MÁNEZ GOMIS et al., 2019).
Panamá	Redução de impostos de consumo de veículos elétricos e híbridos para 5%, enquanto a alíquota varia entre 15% e 23% para veículos convencionais (REBOLLEDO, 2019).
Paraguai	Isenção de impostos de importação e de valor agregado sobre veículos elétricos e híbridos em 2014 (GOVERNO DO PARAGUAI, 2014).
Peru	Isenção de taxa de consumo seletiva (ISC), igual a 10% para veículos movidos a gasolina (MÁNEZ GOMIS et al., 2019; GOVERNO DO PERU, 2018).
Uruguai	Isenção de taxas de importação (23%) para veículos elétricos. Adicionalmente, baterias de lítio próprias para emprego em veículos elétricos e os dispositivos de carregamento desses automóveis são isentos de taxas de importação também. Companhias que adquirem veículos elétricos para transporte urbano de carga no Uruguai têm direito a reembolso de entre 27% a 50% do preço de compra do veículo através de abatimentos de imposto de renda de seus negócios (MÁNEZ GOMIS et al., 2019).

Fonte: Elaboração própria.

2 O valor CIF é uma abreviatura do inglês *Cost Insurance and Freight*, ou, Custo, seguro e frete. É o valor que o vendedor aporta, que cobre os custos de transporte da mercadoria ao destino final.

Observa-se que o principal incentivo financeiro empregado para a mobilidade elétrica em países da América Latina foi a isenção de taxas para aquisição do veículo elétrico. O Gráfico 8 exibe a estrutura tarifária em cada país da América Latina abordado acima, para veículos a combustão interna e elétricos importados. A Figura 1 exibe a soma de todos os impostos aplicados na compra de veículos a combustão interna e de veículos elétricos importados em cada país.

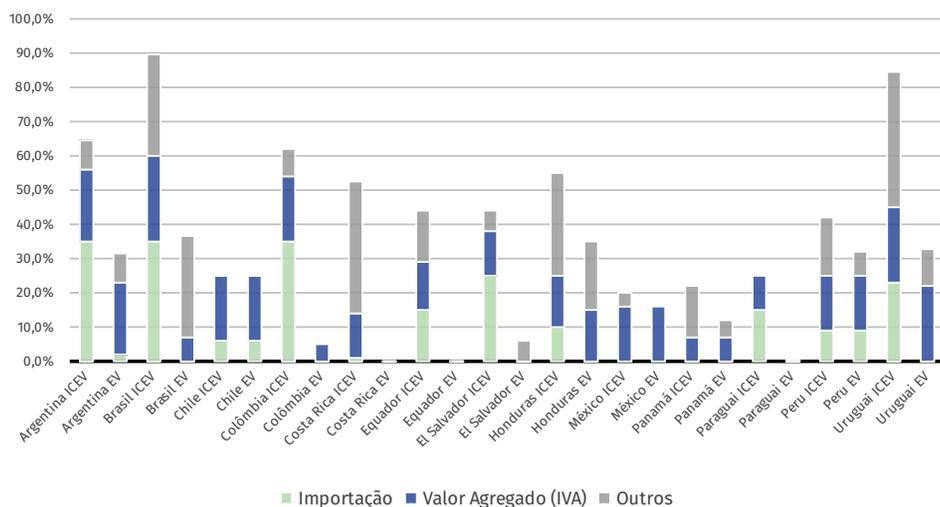


Gráfico 8. Estrutura tarifária de ICEV e EV importados na América Latina.

Fonte: Elaboração própria, com base em Quiros-Tortos et al. (2019),
Mães Gomis et al. (2019) e Gómez-Gélvez et al. (2016).

Comparando apenas veículos importados, os maiores abatimentos dos impostos sobre veículos elétricos foram verificados em países como Costa Rica, El Salvador e Equador, que têm isenção total dos impostos aplicados sobre veículos elétricos importados, dependendo do seu preço CIF. Colômbia e Paraguai também têm descontos significativos dos impostos, superiores a 90%. Em países como Brasil e Uruguai, o desconto é menor, mas considerável, já que ambas as nações possuem a maior soma aritmética de impostos para veículos importados dentre todos os países analisados.

Dos 13 países citados, 9 reduziram ou isentaram o imposto de importação sobre os veículos elétricos: Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Honduras, Paraguai e Uruguai. Seis países diminuíram ou zeraram o imposto de valor agregado incidente sobre os VE: Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador e Paraguai. Foi comum também a redução ou isenção de impostos de consumo seletivo e de impostos gerais

sobre vendas em alguns países. Com exceção do Chile, todos os países latino-americanos abordados reduziram taxas aplicadas sobre veículos elétricos importados.

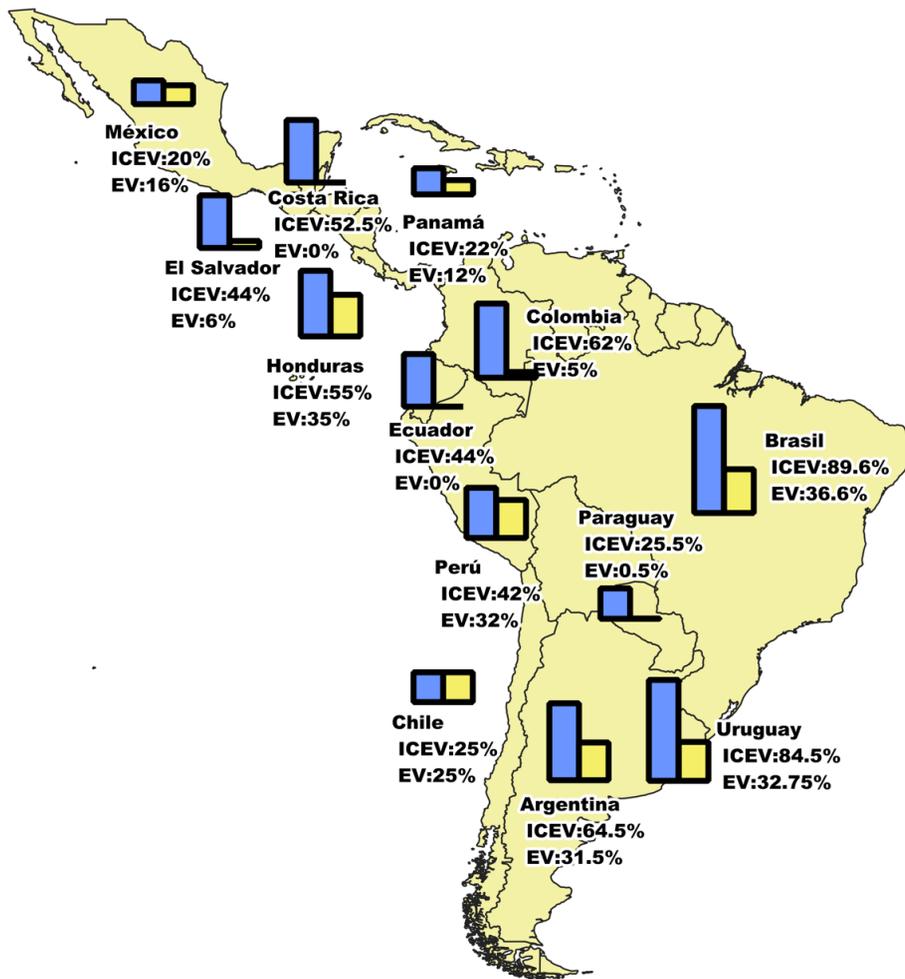


Figura 1. Proporção de impostos sobre o custo final de veículos a combustão interna (azul) e veículos elétricos (amarelo) importados em países da América Latina.

Fonte: Elaboração própria, com base em Mãñez Gomis et al. (2019), Quiros-Tortos et al. (2019) e governos locais.

Subsídios financeiros para a competitividade de veículos elétricos na América Latina

Mesmo com a redução de taxas, o preço de varejo de veículos elétricos permanece consideravelmente maior que o de veículos a combustão interna na América Latina, segundo estudos. Em 2019, os veículos elétricos custavam 40.990 dólares e os veículos a combustão interna custavam 21.960 dólares, em média (QUIROS-TORTOS et al., 2019). Em outras palavras, os veículos elétricos custavam praticamente o dobro do preço de veículos a combustão interna nestes países. Na Argentina, os veículos elétricos custavam em média 61.600 dólares, o valor mais elevado, enquanto no Panamá este preço médio era de cerca de 30.000 dólares (QUIROS-TORTOS et al., 2019). Em outubro de 2021, o preço de compra médio do Nissan Leaf foi de 45.593 dólares, considerando Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, México e Uruguai (NISSAN, 2021). Na Argentina, o Nissan Leaf é vendido por 66.485 dólares, o valor mais elevado, enquanto no Chile o preço de compra deste veículo parte de 32.028 dólares, o valor mais baixo dentre os países supracitados (NISSAN, 2021).

Com relação ao custo total de propriedade (TCO, no acrônimo em inglês), veículos a combustão interna continuam mais vantajosos economicamente que veículos elétricos na América Latina. Um estudo do Banco Mundial comparou os custos totais de propriedade do Honda Civic (ICEV) e do Nissan Leaf (VE) na Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru, ao longo de 8 anos (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016). Como resultado, veículos elétricos teriam um TCO cerca de 88.000 dólares (172%) superior ao de veículos a combustão interna na Argentina, onde seria registrada a maior diferença (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016). No México, a diferença seria de 19.000 dólares (55%), a menor dentre todos estes países (GÓMES-GÉLVEZ, et al., 2016). No Brasil, esta diferença chegaria a 45.000 dólares (75%) (GÓMES-GÉLVEZ et al., 2016).

Em outro estudo mais recente, veículos elétricos continuariam a ter um custo total de propriedade superior ao de veículos a combustão interna em todos os países da América Latina, exceto a Costa Rica (QUIROS-TORTOS et al., 2019). Neste trabalho, o custo total de propriedade foi calculado ao longo de 6 anos. A Argentina continuaria a apresentar a maior diferença do TCO entre veículos elétricos e a combustão interna, chegando aproximadamente a 25.000 dólares. No Panamá, a diferença ficaria em cerca de 1.500 dólares. No Brasil, esta diferença seria de 10.000 dólares. Neste estudo de Quiros-Tortos et al. (2019), apesar dos veículos elétricos continuarem tendo um custo de propriedade maior, a diferença com relação aos veículos a

combustão interna é significativamente menor à encontrada em Gómez-Gélvez et al. (2016), três anos antes.

Na América Latina, não há incentivos financeiros de subsídios governamentais para a compra de veículos elétricos, como é praticado em diversos países da Europa. A Tabela 6 exhibe os subsídios financeiros que seriam necessários na compra do veículo para deixá-los com um custo total de propriedade igual ao de veículos a combustão interna, com base nos resultados de Quiros-Tortos et al. (2019).

Tabela 6. Subsídios financeiros necessários para a compra de veículos elétricos que igualariam seu TCO ao de veículos a combustão interna.

País	Subsídios financeiros na compra para igualar TCO (dólares)	Percentual dos incentivos com relação ao preço de varejo dos veículos (%)
Argentina	25.821	42
Brasil	10.270	21
Chile	9.942	25
Colômbia	16.391	39
Equador	12.149	30
El Salvador	8.060	20
Honduras	4.308	11
México	6.517	18
Panamá	1.557	5
Paraguai	4.135	10
Peru	8.339	20
Uruguai	4.759	12

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados de Quiros-Tortos et al. (2019).

Observa-se que o Panamá precisaria de um subsídio financeiro correspondente a 5% do preço de varejo do veículo elétrico (1.557 dólares) para torná-lo competitivo em custos totais de propriedade com veículos a combustão interna. Por outro lado, o subsídio na Argentina chegaria a 42% do preço de varejo do veículo (25.821 dólares), um valor substancialmente maior. Isto pode ser explicado pelo elevado preço de varejo de veículos elétricos na Argentina, que chega em média a 61.600 dólares (QUIROS-TORTOS et al., 2019).

Em todos os países latino-americanos abordados, o custo com consumo de eletricidade é inferior ao custo com combustíveis, e isto contribui para

baixar o TCO de veículos elétricos. No entanto, com preços de varejo em um patamar tão elevado, são necessários mais subsídios financeiros para tornar os veículos elétricos mais competitivos na região, tal qual foi feito na Europa.

Incentivos para promoção de ônibus elétricos na América Latina

Diversos países da América Latina incentivam o uso de ônibus elétricos. O Chile conta com a maior frota de transporte público eletrificada em operação na América Latina e contém a cidade com o maior número de ônibus elétricos em circulação no mundo (Santiago), excluindo a China. Em outubro de 2021, 819 ônibus elétricos estavam em circulação no Chile, sendo que 776 estavam somente em Santiago (E-BUS RADAR, 2021). No entanto, este recorde pode vir a ser batido pela capital da Colômbia, Bogotá. Em janeiro de 2021, se concretizou a compra de 596 unidades da empresa chinesa BYD, que, uma vez em circulação, fará com que a frota de ônibus elétricos de Bogotá passe a contar com 1.485 veículos deste tipo. O investimento realizado nesta transação foi de 1,82 bilhão de dólares (INSIDE EVs, 2021). Em outubro de 2021, 588 ônibus elétricos estavam em circulação na Colômbia, sendo que 484 destes estavam em Bogotá (E-BUS RADAR, 2021). Na cidade de Medellín, que financiou a sua compra, circulavam 69 ônibus elétricos em outubro de 2021 (E-BUS RADAR, 2021).

No Chile, empresas privadas como Enel X, MetBus e BYD, dentre outras, desenvolveram um novo modelo de negócios em parceria com o Ministério dos Transportes, por meio de financiamento direto via *leasing* e alianças, a fim de promover a implementação de ônibus elétricos. No final de 2018, os primeiros 100 ônibus, adquiridos pela Enel, começaram a operar. A iniciativa insere-se na estratégia da geradora, que havia investido 30 milhões de euros na compra de ônibus e para desenvolver a infraestrutura para recarga de energia elétrica (GREEN TECH TALKS, 2021).

Em 2019, havia 405 ônibus elétricos em circulação em Santiago, além de um ônibus autônomo, o primeiro existente na América Latina (MÁÑEZ GOMIS et al, 2019). Em 2020, este número cresceu com a adição de 150 novos ônibus elétricos na frota (BYD, 2020). Em março de 2021, Santiago já contava com 776 ônibus elétricos (EL PAÍS, 2021). Os ônibus são distribuídos pelas companhias MetBus, Vule e STP (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Além disso, 10 ônibus elétricos de 8 metros de comprimento são empregados na cidade de Las Condes (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Na Argentina, há uma frota com 95 unidades (E-BUS RADAR, 2021).

No Brasil, 15 ônibus elétricos foram introduzidos na cidade de São Paulo em novembro de 2019. Nesse mesmo ano, Campinas apresentou um projeto para incorporar futuramente mais de 300 ônibus elétricos em corredores exclusivos para ônibus (BRT) na cidade (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Em outubro de 2021, 350 ônibus elétricos estão em circulação no Brasil (E-BUS RADAR, 2021). No Equador, a cidade de Guayaquil conta com 20 ônibus elétricos, em um projeto financiado pela Corporação Financeira Nacional (CFN) orçado em 7,6 milhões de dólares (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Em dezembro de 2019, o governo equatoriano e a prefeitura de Quito anunciaram o comprometimento de adquirir 300 ônibus elétricos (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019). Em outubro de 2021, havia 105 ônibus elétricos circulando no Equador (E-BUS RADAR, 2021). No México, 63 ônibus elétricos novos foram incorporados à frota da Cidade do México em 2019. Em outubro de 2021, 409 ônibus elétricos estavam em circulação no México, sendo que 346 destes estavam somente na Cidade do México (E-BUS RADAR, 2021). Em 2019, o Panamá aprovou a compra de 35 ônibus elétricos para a capital Cidade do Panamá (MÁÑEZ GOMIS et al., 2019).

Conclusão

A mobilidade elétrica já iniciou na América Latina e está em processo de expansão. A matriz elétrica renovável e custos baixos com consumo de eletricidade são benéficos para a expansão da mobilidade elétrica na região. Os maiores obstáculos à entrada de meios de transporte eletrificados estão nos elevados custos de aquisição de veículos elétricos, dado, entre outros motivos, que não são fabricados localmente, e, impulsionados em grande parte pelo alto custo das baterias e a uma estrutura tarifária com taxas que encarecem demasiadamente estes veículos. Diversos países latino-americanos reduziram impostos para tornar os veículos elétricos mais competitivos com os de combustão interna. Esta medida teve resultados satisfatórios em países nórdicos como Noruega e Dinamarca, devido à estrutura tarifária composta por elevados impostos nestes locais. No entanto, estas medidas ainda não são suficientes para tornar os veículos elétricos acessíveis financeiramente na América Latina, já que seus preços de varejo e custos totais de propriedade continuam muito superiores aos preços de veículos a combustão interna. E este motivo, em uma região com países em desenvolvimento e com escassez de recursos, é determinante para a entrada lenta de veículos elétricos.

Para tornar os veículos elétricos competitivos com veículos a combustão interna, os governos locais precisariam, além de reduzir impostos como vêm

fazendo, fornecer subsídios financeiros na compra dos veículos. Esta medida, adotada por países europeus como França, Alemanha e Reino Unido, foi determinante para os veículos elétricos terem um custo total de propriedade inferior ao de veículos a combustão interna e, assim, serem vantajosos financeiramente para a população. Porém, esta medida é difícil de ser aplicada em uma região com países em desenvolvimento. Espera-se que, ao longo dos anos, o custo de veículos elétricos diminua ainda mais, reduzindo a diferença de seu preço de varejo para o de veículos a combustão interna, possibilitando assim o fornecimento de subsídios financeiros menos volumosos. Outra medida seria o incentivo à fabricação de veículos elétricos na América Latina, o que diminuiria consideravelmente os preços de compra de esses veículos por conta da ausência de taxas de importação.

Com relação ao transporte público, a América Latina vem se destacando mundialmente, contendo as duas cidades com as maiores frotas de ônibus elétricos no mundo, exceto a China: Santiago e Bogotá. Foram realizados investimentos significativos em mobilidade elétrica nestas cidades, o que demonstra o comprometimento crescente de nações latino-americanas com a expansão da mobilidade elétrica na região.

Referências

- AFDC. *Alternative Fuels Data Center: Alternative Fueling Station Locator*, 2021. Acesso em: 4.18.21. Disponível em: https://afdc.energy.gov/stations/#/analyze?country=US&fuel=ELEC&ev_levels=all
- BYD. *Chile Keeps Growing its Electric Bus Fleet, Adding 150 New BYD Units*, 2020. Acesso em: 5.2.21. Disponível em: <https://www.byd.com/en/news/2020-06-30/Chile-Keeps-Growing-its-Electric-Bus-Fleet,-Adding-150-New-BYD-Units>
- CCR. 2021. *GRUPO CCR*. Disponível em: <https://www.grupoccr.com.br/>
- COMIECO. *Resolución No. 433-2020*, 2020. Acesso em: 5.1.21. Disponível em: https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/resolucion_no_433-2020_comieco-xciii.pdf
- E-BUS RADAR. *Buses eléctricos en América Latina*, 2021. Disponível em: <https://www.ebusradar.org/es/>
- ELECTROMAPS. *Electromaps – Find charging stations – EV charging stations map. Electromaps*, 2021. Disponível em: <https://www.electromaps.com/en>
- EL PAÍS. *América Latina acelera a adoção de ônibus elétricos | Economía | EL PAÍS Brasil*, 2021. Acesso em: 5.2.21. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/economia/2021-03-26/america-latina-acelera-a-adocao-de-onibus-eletricos.html>

FRONTIER ECONOMICS AND ELEMENT ENERGY. *Pathways to high penetration of heat pumps. Report Prepared for the Committee on Climate Change*, 2013. Disponível em <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/Frontier-Economics-Element-Energy-Pathways-to-high-penetration-of-heat-pumps.pdf>

GLOBAL PETROL PRICES. *Gasoline prices around the world, 24-May-2021* | *GlobalPetrol-Prices.com*, 2021. Acesso em: 5.31.21. Disponível em: https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/

GÓMEZ-GÉLVEZ, J.A.; MOJICA C.H.; ISLA V.K.L. *The Incorporation of Electric Cars in Latin America* | *Publications*, 2016 Acesso em: 4.18.21. Disponível em: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Incorporation-of-Electric-Cars-in-Latin-America.pdf>.

GOVERNMENT OF THE UK. *GOvernment takes historic step towards net-zero with end of sale of new petrol and diesel cars by 2030 – GOV.UK. Gov. Tak. Hist. step Towar. net-zero with end sale new Pet. diesel cars by 2030*, 2020. Acesso em: 3.22.21. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/government-takes-historic-step-towards-net-zero-with-end-of-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-by-2030>

GOVERNO DA ARGENTINA. *Decreto 846/2020*, 2020. Acesso em: 4.30.21. Disponível em: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/340000-344999/343910/norma.htm>

GOVERNO DA ARGENTINA. *Decreto 230/2019*, 2019. Acesso em: 4.29.21. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-230-2019-321558/texto>

GOVERNO DA ARGENTINA. *El Gobierno simplificó un régimen para exportadores y modificó aranceles de importación de insumos para fomentar la competitividad y la producción* | *Argentina.gob.ar*, 2018. Acesso em: 5.1.21. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-gobierno-simplifico-un-regimen-para-exportadores-y-modifico-aranceles-de-importacion-de>

GOVERNO DA ARGENTINA. *Decreto 331/2017*, 2017. Acesso em: 4.30.21. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-331-2017-274610/texto>

GOVERNO DA COLÔMBIA. *Decreto 2051 de 2019*, 2019. Acesso em: 4.29.21. Disponível em: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30038341>

GOVERNO DE EL SALVADOR. *Aprueban ley para fomentar el uso de vehículos eléctricos* | *Asamblea Legislativa de El Salvador*, 2020. Acesso em: 4.30.21. Disponível em: <https://www.asamblea.gob.sv/node/10610>

GOVERNO DE HONDURAS. *Gravámenes a la Importación Tegucigalpa MDC Octubre 2017*, 2017. Disponível em https://www.sefin.gob.hn/wp-content/uploads/2018/06/Gravamen_Importacion_vi.pdf

GOVERNO DE HONDURAS. *Diario Oficial de la República de Honduras*, 2010. Disponível em: <http://www.lagaceta.hn/>

GOVERNO DO BRASIL. *Rota 2030 – Mobilidade e Logística – Português (Brasil)*, 2020. Acesso em: 4.29.21. Disponível em: <https://www.gov.br/>

produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica

GOVERNO DO EQUADOR. *Resolución No. 016-2019*, 2019. Acesso em: 4.29.21. Disponível em: <http://www.pudeleco.com/infos/Resolucion0162019.pdf>

GOVERNO DO PARAGUAI. *Ley No 5183/ modifica la Ley N° 4.601/12 de Incentivos a la Importación de Vehículos Eléctricos*, 2014. Acesso em: 4.29.21. Disponível em: <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2957/ley-n-5183-modifica-la-ley-n-460112-de-incentivos-a-la-importacion-de-vehiculos-electricos>

GOVERNO DO PERU. *Decreto Supremo N° 095-2018-EF | Gobierno del Perú, 2018*. Acesso em: 5.1.21. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/31042-095-2018-ef>

GOVERNODOESTADOSUNIDOSDAAMÉRICA. *Fact Sheet: Biden Administration Advances Electric Vehicle Charging Infrastructure | The White House*, 2021. Acesso em: 5.2.21. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-biden-administration-advances-electric-vehicle-charging-infrastructure/>

IEA. *Nordic EV Outlook 2018 – Insights from leaders in electric mobility*, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264293229-en>

IEA. *Global EV Outlook 2020*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264302365-en>

IEA. *Global EV Outlook 2021 – Analysis – IEA*, 2021a. Acesso em: 5.25.21. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

IEA. *Data & Statistics – IEA*, 2021b. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=BRAZIL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector>

INSIDE EVS. *Bogotá passa a ter a maior frota de ônibus 100% elétricos do mundo fora da China*, 2021. Acesso em: 5.2.21. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/465678/bogota-frota-onibus-eletricos-byd-china/>

MÁÑEZ GOMIS, G.; BERMÚDEZ FORN, E.; PARDO GONZÁLEZ J. L.; OTAZUA, J. *Electric mobility: status in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration 2019*, 2019.

NORSK-ELBILFORENING. *Norwegian EV policy*, 2017. Disponível em: <http://Elbil.No>

QUIROS-TORTOS, J.; VICTOR-GALLARDO, L.; OCHOA, L. *Electric Vehicles in Latin America: Slowly but Surely Toward a Clean Transport*. *IEEE Electr. Mag.* v. 7, p. 22–32, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MELE.2019.2908791>

REBOLLEDO, M. *Informe de situación nacional estrategia nacional de movilidad eléctrica de Panamá, 2019*. Disponível em: <https://es.readkong.com/page/informe-de-situacion-nacional-estrategia-nacional-de-747676>

SCHAEFFER, R. *et al.* Energy sector vulnerability to climate change: a review. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 1–12, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544211007870>

VILCHEZ, J.J.G.; SMYTH, A.; KELLEHER, L.; LU, H.; ROHR, C.; HARRISON, G.; THIEL, C. Electric car purchase price as a factor determining consumers' choice and their views on incentives in Europe. *Sustain*, 11, 6357, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11226357>

WAPPELHORST, S.; MOCK, P.; YANG, Z. *Using vehicle taxation policy to lower transport emissions: An overview for passenger cars in Europe*, 2018. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU_vehicle_taxation_Report_20181214_0.pdf

Anexo

Tabela A1. Incentivos financeiros na forma de subsídios na compra e de redução de taxas. Conversão de moedas para dólar feita de acordo com a cotação do dia 26/03/2021.

	Incentivos com subsídios na compra	Incentivos na redução de taxas
Alemanha	6.000 euros (7.080 dólares) e 5.000 euros (5.900 dólares) para BEV cujo preço máximo seja de 40.000 euros (47.200 dólares) e 65.000 euros (76.700 dólares), respectivamente. 4.500 euros (5.310 dólares) e 3.750 euros (4.425 dólares) para PHEV cujo preço máximo seja de 40.000 euros (47.200 dólares) e 65.000 euros (76.700 dólares), respectivamente.	
Áustria	1.500 euros (1.770 dólares) para BEV e FCEV. 750 euros (885 dólares) para PHEV. Estes incentivos são válidos para veículos com autonomia no modo elétrico superior a 50 km e com preço de compra máximo de 50.000 euros (59.000 dólares). PHEV movidos a diesel não recebem o incentivo.	
Bélgica	Entre 2.000 e 4.000 euros (2.360- 4.720 dólares), dependendo do preço de compra do veículo.	
Canadá	5.000 dólares canadenses (3.950 dólares) para BEV, PHEV e FCEV. Válido para veículos cujo preço máximo de compra seja inferior à faixa entre 45.000 e 60.000 dólares canadenses (35.550-47.400 dólares). PHEV precisam ter bateria com capacidade superior a 15 kWh para receber o incentivo.	
China	16.200 yuanes (2.430 dólares) para BEV com autonomia entre 300 km e 400 km. 22.500 yuanes (3.375 dólares) para BEV com autonomia superior a 400 km. 8.500 yuanes (1.275 dólares) para PHEV com autonomia superior a 50 km.	Isenção de taxa de compra, equivalente a 10% do preço de compra do veículo.
Coreia do Sul	22.500.000 won (20.025 dólares) para FCEV 8.000.000 won (7.120 dólares) para BEV	
Dinamarca		Incide-se apenas 20% da taxa de registro de veículos elétricos licenciados em 2020. O benefício vai ser retirado gradualmente. Este percentual vai para 65% em 2021, 90% em 2022 e 100% em 2023.

	Incentivos com subsídios na compra	Incentivos na redução de taxas
Espanha	Entre 1.300 e 5.500 euros (1.534 – 6.490 dólares) para BEV e PHEV, dependendo da autonomia no modo elétrico. Veículos com preço de compra maior que 40.000 euros (47.200 dólares) não recebem incentivo.	
Estados Unidos		Isenção de até 7.500 dólares do pagamento de taxas de BEV e PHEV. Depende da capacidade da bateria, que deve ser no mínimo de 5 kWh.
Finlândia		A taxa de registro varia em função da emissão de CO ₂ por km rodado. É igual a 2,7% do preço de importação para veículos que emitem 0 gCO ₂ /km (BEV) e igual a 50% do preço de importação para veículos que emitem mais de 360 gCO ₂ /km.
França	6.000 euros (7.080 dólares) para BEV, PHEV e FCEV com preço de compra de até 45.000 euros (53.100 dólares). 3.000 euros (3.540 dólares) para BEV e PHEV com preço de compra de até 60.000 euros (70.800 dólares). Os veículos precisam emitir menos que 20 gCO ₂ /km para receber incentivos.	
Holanda	4.000 euros (4.720 dólares) para BEV, com autonomia superior a 120 km e preço de compra máximo de 45.000 euros (53.100 dólares).	
Índia	10.000 rupias/kWh (140 dólares/kWh) para BEV e PHEV, com limite máximo de 20% do preço de compra do carro ou 300.000 rupias (4.200 dólares). Veículos com preço de compra acima de 1.500.000 rupias (21.000 dólares) não recebem o incentivo.	Dedução de 150.000 rupias (2.100 dólares) do pagamento de taxas em empréstimos de veículos elétricos.
Islândia		A taxa de registro varia em função da emissão de CO ₂ por km rodado. É igual a zero para veículos que emitem menos de 80 gCO ₂ /km (BEV e PHEV). Há também isenção de IVA de no máximo 1.440.000 coronas islandesas (11.322 dólares) para BEV e 960.000 coronas islandesas (7.548 dólares) para PHEV, respectivamente.

	Incentivos com subsídios na compra	Incentivos na redução de taxas
Itália	Para veículos que emitam até 20 gCO ₂ /km, 6.000 euros (7.080 dólares) caso o veículo antigo seja sucateado e 4.000 euros (4.720 dólares) caso não haja sucateamento de um veículo antigo. Para veículos que emitam entre 21 e 70 gCO ₂ /km, 2.500 euros (2.950 dólares) caso o veículo antigo seja sucateado e 1.500 euros (1.770 dólares) caso não haja sucateamento de um veículo antigo.	Isenção de taxa de propriedade anual dos veículos por 5 anos após aquisição.
Japão	2.250.000 ienes (20.475 dólares) para FCEV. 400.000 ienes (3.640 dólares) para BEV com autonomia superior a 400 km. Governo pretende aumentar este incentivo para JPY 800.000 (7.280 dólares). 200.000 ienes (1.820 dólares) para PHEV com autonomia superior a 40 km. Governo pretende aumentar este incentivo para 400.000 ienes (3.640 dólares).	
Noruega		Taxa de registro é resultante da soma de quatro componentes que variam com peso, potência do motor a combustão interna, emissões de CO ₂ e emissões de NO _x . BEV são isentos da taxa de registro e do IVA (25%). PHEV têm um desconto de 26% da taxa de registro original.
Portugal	3.000 euros (3.540 dólares) para veículos elétricos com preço de compra máximo de 62.500 euros (73.750 dólares).	
Reino Unido	3.000 libras esterlinas (4.140 dólares) para BEV e PHEV, no máximo. Incentivo é limitado a 35% do preço de compra, que deve ser inferior a GBP 50.000 (69.000 dólares). Os PHEV devem emitir menos de 50 gCO ₂ /km e ter autonomia elétrica superior a 112 km para receber o incentivo.	
Suécia	60.000 coroas suecas (7.200 dólares) para BEV e FCEV, no máximo. Limitado em 25% do preço de compra do veículo. Aplicado em veículos que emitam menos de 70 gCO ₂ /km.	

Fonte: Elaboração própria, a partir de IEA (2020).

A Eletromobilidade nos países do Mercosul e suas perspectivas de integração entre os países com base na infraestrutura de recarga e interoperabilidade

*Fernando Campagnoli
Fabrício Pietrobelli
Nicolás Castromán*

Introdução

Fundado em 1991, o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) é a mais abrangente iniciativa de integração regional da América Latina, criado ao final da década de 1980 (MRE, 2021), como um instrumento fundamental para a promoção da cooperação, do desenvolvimento, da paz e da estabilidade na América do Sul. Como membros fundadores estão Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, que assinaram como signatários do Tratado de Assunção em dia 26 de março de 1991, oficializando a sua criação, com sede oficial localizada em Montevideu (Uruguai).

No campo das iniciativas econômicas comerciais, além de agendas externas com países como Canadá, Coreia do Sul, Singapura, Líbano e Vietnã, além da União Europeia, pode-se citar como avanços mais recentes: a aprovação do Protocolo de Cooperação e Facilitação de Investimentos, que amplia a segurança jurídica e aprimora o ambiente para atração de novos investimentos na região (2017), a conclusão do acordo do Protocolo de Contratações Públicas do MERCOSUL, que cria oportunidades de negócios para as empresas, ampliando o universo de fornecedores, a modernização no tratamento de questões regulatórias, com a aprovação do Acordo de Boas Práticas e Coerência Regulatória (2018), a assinatura do Acordo sobre Facilitação de Comércio do MERCOSUL (2019), a assinatura do Acordo para a Proteção Mútua das Indicações Geográficas dos Estados Partes do MERCOSUL (2019), a aprovação do Marco geral para as Iniciativas Facilitadoras de Comércio no

MERCOSUL, relativas a regulamentos técnicos (2019), e a conclusão da negociação de acordo sobre comércio eletrônico do MERCOSUL (2020) (MRE, 2021).

No estágio atual de envolvimento dos países membros e com as iniciativas no campo da mobilidade elétrica, ainda que em esferas particulares nos países que experimentam essa vertente da transição energética mundial, propõem-se no presente artigo uma discussão de desafios e oportunidades de desenvolvimento integrado, no que tange aos aspectos da infraestrutura de recarga e da interoperabilidade.

Como a mobilidade elétrica nestes países ainda está em fase de formação e construção de uma base comercial, tanto para os usuários de veículos como para novos modelos de negócio relacionados, pode-se pensar que o alinhamento técnico de requisitos comuns e o descompromisso com qualquer alternativa tecnológica podem compor um ambiente favorável à inovação, ao aprimoramento da indústria nestes países e proporcionar relações comerciais sustentáveis de bens e serviços.

Assim, o presente artigo parte inicialmente por descrever o estado atual da infraestrutura de recarga e dos padrões utilizados nos países do MERCOSUL, citando exemplos de integração com a indústria, perspectivas de integração de corredores elétricos entre os países e culminando nos desafios esperados para a “integração através de corredores elétricos” com fontes renováveis para favorecer ainda mais as relações comerciais entre os países.

Diagnóstico atual

A implantação coordenada de infraestruturas de carga pública e privada, tanto em zonas urbanas como rurais, potencializa a mobilidade elétrica e a posiciona como um recurso integrado e à serviço das redes elétricas. Neste contexto, a interoperabilidade dos sistemas de recarga é crucial para alcançar o conforto e a facilidade de uso que os usuários requerem para a adoção massiva de veículos elétricos. A interoperabilidade, entendida como a comunicação aberta, e a troca de dados entre dispositivos e sistemas informáticos, deve garantir segurança, escalabilidade, eficiência e simplicidade (PNUMA, 2021).

A interoperabilidade permite que as/os usuários de veículos elétricos não só se transportem entre diferentes regiões ou países, mas também que carreguem os veículos elétricos em qualquer área estabelecida, independentemente do fornecedor ou dos operadores do serviço. Também permite a interação dos sistemas de recarga com os sistemas elétricos e ter uma gestão da demanda segundo a disponibilidade da rede elétrica (PNUMA, 2021).

Conceitualmente, a interoperabilidade entre sistemas ou componentes pode ser entendida através do Modelo de Arquitetura de Rede Inteligente (“Smart Grid Architecture Model”, SGAM) definido pela Organização Europeia de Padronização “CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group” (CEN-CENELEC, 2014). Este modelo consiste em cinco camadas que representam objetivos e processos de negócios, funções, troca de informações e modelos, protocolos de comunicação e componentes (Figura 1).

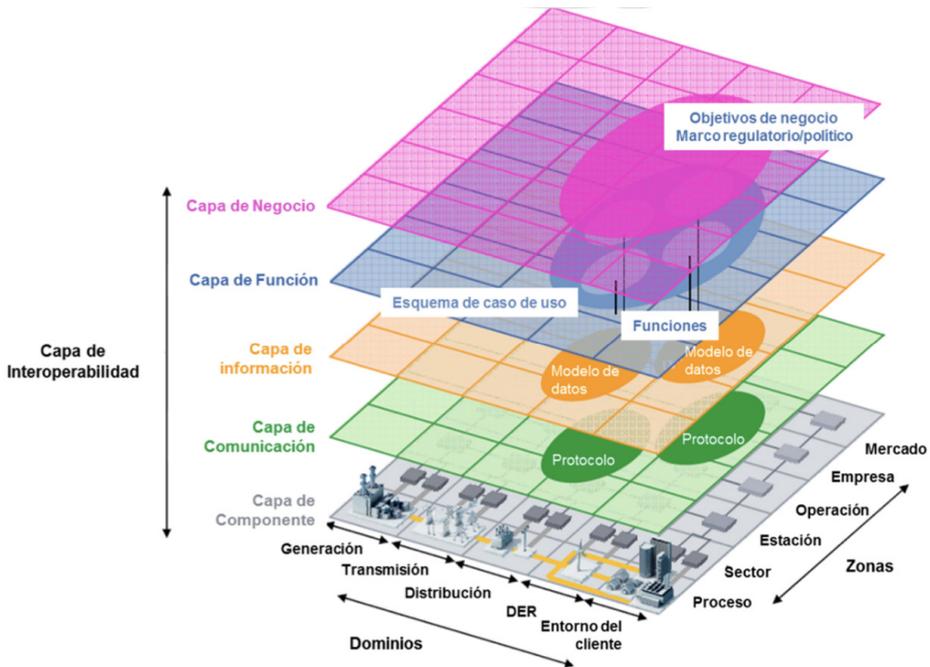


Figura 1. Modelo de Arquitetura de Smart Grid (SGAM).

Fonte: CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group (2014).

A primeira delas, de negócios, representa a visão de negócios sobre a troca de informações relacionadas a redes inteligentes. A segunda, de função, por sua vez, descreve os casos de uso do sistema, funções e serviços, incluindo seus relacionamentos do ponto de vista arquitetônico. As funções são representadas independentemente de atores e implementações físicas em aplicativos, sistemas e componentes (CEN-CENELEC, 2014).

A camada de informações (terceira) descreve as informações que estão sendo usadas e trocadas entre funções, serviços e componentes. Esses objetos de informação e modelos de dados canônicos representam a semântica comum para funções e serviços, a fim de permitir uma troca de informações

interoperáveis através de meios de comunicação. A ênfase da camada de comunicação (quarta) é descrever protocolos e mecanismos para a troca interoperável de informações entre componentes no caso de uso, função ou serviço subjacente e objetos de informação ou modelos de dados relacionados (*ibid*).

Finalmente, a ênfase da última camada, de componentes, é a distribuição física de todos os componentes participantes no contexto da rede inteligente (*smart grid*). Isso inclui atores do sistema e do dispositivo, equipamentos do sistema de energia, dispositivos de proteção e telecontrole, infraestrutura de rede e qualquer tipo de computador (*ibid*).

Nos últimos anos, a América Latina avançou significativamente na instalação de pontos de recarga para veículos elétricos, com especial destaque para o Chile, a Colômbia, a Costa Rica e o Uruguai. Estes mesmos países estão em processo de estabelecer diretrizes que permitem a troca de informações entre diferentes infraestruturas de recarga, independentemente de pertencerem a diferentes fornecedores, bem como novas estruturas para a prestação deste serviço (PNUMA, 2021).

Observa-se que os países mais dinâmicos na criação destas diretrizes reúnem algumas características particulares e comuns entre si. Naturalmente, trata-se de países comprometidos com a mobilidade elétrica, pois somam a causa ambiental à necessidade de reduzir o custo econômico associado aos transportes e ao recurso que não dispõem – o petróleo. Contudo, a padronização de conectores e a garantia da eletromobilidade surgem primeiro em países onde coexistem múltiplos distribuidores de energia elétrica, como é o caso da Colômbia, Costa Rica e Chile. No Uruguai, por exemplo, apesar do país ter definido como objetivo nacional a transformação de seu sistema de transporte, a presença de uma única distribuidora de energia no território não tem favorecido a resolução precoce dos desafios impostos pela mobilidade elétrica.

Não obstante, a padronização dos elementos de *hardware* e *software* que permitem a interoperabilidade facilitará não só um serviço otimizado (*seamless services*) para os utilizadores, mas também a criação de um mercado comum sem requisitos tecnológicos específicos acrescentados a nível nacional. Este processo deverá estabelecer diretrizes claras, e ligações com código aberto e seguro no conjunto de todos os países da região (PNUMA, 2021).

Existe, contudo, uma diversificação dos sistemas e infraestruturas projetados e implantados atualmente, com elementos que diferem espacialmente ao longo do continente. Pode-se apontar que existe uma tendência

de adoção de conectores de padrão europeu nos países ao sul da América do Sul, enquanto os localizados ao norte estão optando pelo padrão norte-americano. A Figura 2 ilustra os padrões de conectores predominantes nos mercados globais atualmente.

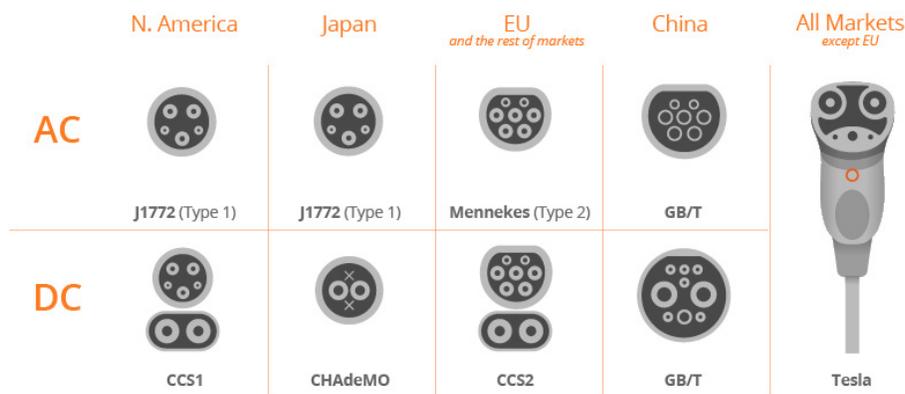


Figura 2. Padrões de conectores predominantes nos mercados globais atualmente.

Fonte: ENEL X (2019).

No âmbito do Mercosul, a padronização dos conectores nos pontos de recarga para veículos elétricos, acompanhada pela interoperabilidade das infraestruturas e sistemas de recarga, pode alavancar a adoção da tecnologia elétrica nos próximos anos, além de fortalecer o desenvolvimento tecnológico e as atividades econômicas e comerciais na região. Os países integrantes deste Bloco, contudo, encontram-se em estados díspares de implantação das infraestruturas e tecnologias adotadas, o que acentua o desafio para a integração regional. A seguir, é apresentado um diagnóstico atual da infraestrutura de recarga e interoperabilidade dos países que compõem o Mercosul.

Brasil

No caso brasileiro, a infraestrutura de estações de recarga é uma iniciativa do setor privado de montadoras de veículos e alguns atores, também privados, em condomínios residenciais e estabelecimentos comerciais.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL- impulsionou o mercado de mobilidade elétrica em 2018, por meio da Resolução Normativa n.º 819/2018 que regula a oferta de serviços de recarga e com a publicação da

Chamada Estratégica de Projetos n.º 22/2018, intitulada de “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”, na qual as empresas de energia elétrica reguladas pelo Programa de P&D poderiam apresentar propostas de estudos no tema.

Essa Chamada agregou inicialmente 38 projetos em todo país, com cerca de 1.200 pesquisadores, num volume de recursos da ordem de 110 milhões de dólares, sendo 11 milhões de dólares em contrapartida de recursos externos ao Programa, oriundos de parceiros da indústria. Deste universo, após ajustes pontuais e cancelamento de alguns por parte das empresas proponentes, constam na base de dados da ANEEL atualmente 30 projetos em execução, que somam cerca de 90 milhões de dólares em investimentos nos próximos 4 anos.

Cabe ressaltar que a referida Chamada de projetos, exigiu que fossem executados em redes de inovação com a indústria, envolvendo universidade e centros de pesquisa, para o desenvolvimento das soluções propostas. Exigiu-se também que os projetos contemplassem a instalação de infraestrutura de recarga de veículos para a devida experimentação. Essa modalidade de desenvolvimento de projetos com a indústria buscando a inovação impulsionou novos atores, como startups, representantes da indústria de bens e prestadores de serviços para o ecossistema de mobilidade elétrica no Brasil (CAMPAGNOLI, 2020b).

Como esses projetos estão em fase inicial e com duração de 4 anos, e todos preveem a instalação de infraestrutura de recarga, espera-se que ao final dos projetos, em 2023/2024, boa parte da infraestrutura de postos de recarga no país permita que nas principais rodovias do país sejam formados corredores elétricos ativos, com uma ampla gama de serviços e desenvolvimento de novos negócios em curso, retribuindo ao consumidor seu investimento.

Pela distribuição geográfica das empresas proponentes, não seria difícil arriscar que nesse período o Brasil promoverá corredores elétricos litorâneos do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, com entradas pela região Sudeste até o Centro Oeste do país. A região Norte ficou restrita a iniciativas localizadas da Eletronorte e Norte Energia, que mais tarde poderão integrar-se com os corredores elétricos, que estão atualmente em construção.

Atualmente mais de 90% dos conectores em uso neste país são do tipo 2 (norma europeia), escolhidos pelo próprio desenvolvimento do mercado nacional, uma vez que a REN 819/2018 preferiu não definir padrões nesta fase inicial de um mercado ainda pouco expressivo. Para a atualização deste normativo, a ANEEL convocou a Tomada de Subsídios n.º11/2021 para a participação da sociedade, com previsão de conclusão deste processo até o final de 2021, seguido de Consulta Pública para um novo normativo em 2022,

que regulamentará o tema de mobilidade elétrica no contexto dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED), em conjunto com redes descentralizadas de distribuição, armazenamento de energia, medidores inteligentes e principalmente sobre o protagonismo do consumidor/usuário na gestão de sua carga de energia.

Devido à alta variação cambial do dólar em relação a moeda brasileira (real), a importação das estações de recarga por parte das empresas de energia elétrica tem ficado comprometida, abrindo-se a oportunidade comercial para empresas nacionais ocuparem essa parte do mercado, ainda que com uma pequena parcela de nacionalização dos produtos. Num futuro próximo o país pode passar de importador a exportador de estações de recarga, como as empresas nacionais brasileiras WEG e Incharge, por exemplo.

Entretanto o tema da mobilidade elétrica assume no Brasil um caráter multisetorial, em razão da sua transversalidade, requisitando a participação do consumidor/usuário como um protagonista ativo na gestão de sua carga de um lado, e as políticas públicas e ações regulatórias de vários setores por outro, o que traz ao cenário atual diversas expectativas de resultados, em curto, médio e longo prazo (CAMPAGNOLI, 2020b), conforme representado na Tabela 1.

A discussão intersetorial deve ser precedida de fóruns selecionados com setores da indústria e órgãos certificadores, além de agências de fomento e fundos de investimento. A partir do diálogo pró-ativo dos reguladores apoiados na inovação, moderando-se na postura de comando/controle e fiscalizatória, será possível empreender mecanismos operacionais de sucesso, os quais devem ser apoiados por regulamentação formal, planos de governo e políticas públicas construídas em conjunto com a sociedade.

A operação do V2G é um bom exemplo disso. Seria oportuno que as empresas distribuidoras de energia adequassem parte de suas redes para tal, enquanto outros mecanismos regulatórios como as tarifas horárias estivessem em curso e iniciativas de armazenamento de energia, sejam públicas ou privadas, fossem implementadas, a fim de dar sustentabilidade econômica e ambiental para os novos negócios.

Tabela 1. Ações potenciais intersetoriais para eletromobilidade no Brasil).

Setores relacionados	Curto Prazo (1 a 2 anos)	Médio Prazo (2 a 4 anos)	Longo Prazo (4 a 10 anos)
Elétrico	Revisão REN 819/ 2018	Possibilidade de Operação V2G	Compra de energia pelo consumidor do mercado livre
Transporte	Estações de recarga em rodovias	Incentivos fiscais nas rodovias estaduais e federais	Metas de extinção de veículos a combustão
Logística (última milha)	Estações de recarga em centros de distribuição de produtos	Estações de recarga ultra-rápida para veículos pesados como grandes HUBs de recarga	Planos diretores municipais e estaduais para distribuição de produtos com emissão zero
Petróleo	Incremento de veículos híbridos flex a Etanol	Integração com geração de energia (etanol e biomassa)	Metas de extinção de veículos a combustão
Aquaviário	Testes de embarcações cargas e pessoas	Operação V2G integradas com plantas de renováveis	Testes de longa distância
Aéreo	Testes com veículos aéreos e drones para cargas e pessoas	Guias e Normas técnicas	Testes de longa distância
Telecomunicações	Testes com veículos autônomos	Entrada do 5G	Testes de longa distância

Fonte: elaboração própria, a partir de informacao extraída e modificada de CAMPAGNOLI, 2020b.

Nota: o setor de Ciência e Tecnologia não foi apresentado na Tabela por se tratar de um tema transversal a todos os setores.

Argentina

A Argentina encontra-se em uma situação embrionária na eletromobilidade, sendo recentes os avanços significativos em estudos e planejamento nacional sobre esta tecnologia. No que tange a interoperabilidade, há uma expectativa de que ainda no ano 2021, seja aprovada uma lei nacional tratando do tema, pois já é matéria em estudo pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e pelo Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INTI) da Argentina, segundo MOVE (2021).

Com relação aos veículos elétricos, observa-se um forte incremento de veículos de uso particular, de natureza híbrida, no país. Além disso, desde o

ano de 2019, o governo da cidade de Mendoza colocou 18 ônibus elétricos a bateria em operação na cidade. Na capital argentina, Buenos Aires, operam outros dois veículos deste tipo em um projeto piloto desde 2020, com o apoio do Ministério de Transportes. Cabe destacar que o país vislumbra regulamentar e estabelecer uma lei nacional para a energia distribuída, e já existem avanços na permissão de venda de eletricidade de atores privados às distribuidoras. Isso deverá incentivar a adoção de novos ônibus elétricos nas cidades argentinas, na medida em que estes veículos poderão devolver e vender à rede a sua energia excedente – estabelecendo, assim, o fluxo “V2G” (*vehicle to grid*) (MOVE, 2021).

O Ministério de Transporte, por sua vez, está empenhado nas instâncias de interlocução no âmbito do Mercosul, pois entende que é um fórum adequado para dirimir os desafios técnicos associados à interoperabilidade, trabalhando de maneira conjunta com a região. Em maio de 2021, este país estava a cargo da presidência *pro tempore* do Subgrupo de Trabalho n.º 5 (em Transportes), e destacou aos demais membros a importância da descarbonização dos transportes e de incluir na agenda deste subgrupo projetos relacionados com o transporte e o meio ambiente (MERCOSUR, 2021).

Na mesma direção, a Argentina ainda não definiu padrões de conectores para o país, ao mesmo tempo em que pleiteia o fortalecimento de sua indústria nacional por meio de uma estratégia nacional de eletromobilidade. Tal estratégia ainda está em elaboração, mas baseia-se no desenvolvimento industrial e produtivo do país para promover e fortalecer a mobilidade elétrica no seu território.

Uruguai

No Uruguai, observa-se uma expressiva comercialização de carregadores em corrente alternada (AC) com a norma da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), com conectores do tipo 2. A rede de recarga em corrente contínua (DC) ainda está em desenvolvimento, enquanto aguarda a definição do governo nacional quanto ao tipo de conector admitido para a rede de carga (MOVE, 2021).

A empresa elétrica estatal uruguaia (UTE, Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas de Uruguay) leva uma importante liderança no tema de infraestrutura de recarga. Com mais de 70 pontos de recarga públicos instalados atualmente, a UTE tem como meta ter instalado um ponto de recarga a cada 50 km no país até o final de 2021. Ainda, a empresa pública uruguaia é proprietária da maior frota de caminhonetas elétricas do

país (mais de 90 unidades) e desenvolveu o seu próprio *software* de gestão de recarga (“CargaME”), o qual utiliza um código aberto de comunicação OCPP¹(MOVE, 2021)

Observa-se também o surgimento de novos atores para promover a operação dos pontos de recarga, além daqueles que compartilham com os clientes soluções de gestão de frotas comerciais de veículos. Neste caso, ainda é necessário definir como esses novos atores serão remunerados pelo serviço. Observa-se um interesse do governo uruguaio em avaliar a necessidade de uma regulamentação específica para os serviços de recarga ou se a vigente já seria suficiente. Será avaliada, ainda, a participação de outros atores além dos distribuidores de energia elétrica, seja em redes públicas quanto privadas, e se a tarifa deveria ser regulada pelo governo ou pelo próprio mercado (MOVE, 2021)

Uma importante iniciativa com o objetivo de aprimorar a transição energética no setor de transportes do Uruguai para atingir baixos níveis de emissão de carbono é o Projeto Movés (MOVÉS, 2020), financiado pelo Fundo Mundial de Meio Ambiente (*Global Environment Facility*, GEF). Este projeto é implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e executado pelos Ministérios de Indústria, Energia e Mineração (MIEM), Meio Ambiente (MA) e Habitação e Planejamento Territorial (MVOT) do Uruguai, com a colaboração da Agência Uruguaia de Cooperação Internacional (AUCI).

O projeto Movés, em associação com a ONU Hábitat, Instituto Wuppertal e SOLUTIONSplus, gerou um programa com o objetivo de incentivar a capacidade local na fabricação de veículos elétricos para entregas e sua posterior promoção como uma solução tecnológica sustentável para transporte de cargas e logística de última milha, especialmente adaptado às necessidades urbanas do Uruguai. Foi feita uma chamada para os fabricantes locais de bicicletas elétricas com pedal auxiliar (como bicicletas de carga) e veículos utilitários elétricos leves (como os triciclos). Esses veículos, de fabricação nacional, farão parte do programa de testes tecnológicos para empresas e serão disponibilizados para locação a elas, sem custo (MOVÉS, 2020)

No campo das redes de inovação, destaca-se a criação do Grupo de Trabalho de Veículos Elétricos da Faculdade de Engenharia (FING) da Universidade da República do Uruguai, em 2016. Em 2018, o grupo de trabalho inscreveu-se no “Programa de equipamentos científicos, aquisição de grandes

1 O OCPP é um protocolo padrão e aberto para a comunicação entre pontos de carregamento e um sistema central, onde um operador de ponto de carregamento pode, entre outros, monitorizar o estado dos pontos de carregamento, autorizar quem tem permissão para carregar ou realizar ações remotas, tal como parar uma transação em curso (WALLBOX, 2021).

equipamentos científicos”, pelo qual adquiriu um equipamento de teste de bateria. A ideia do FING é desenvolver uma técnica de avaliação de diagnóstico, que permita gerar uma “etiquetagem” das baterias usadas (MOVE, 2021).

No setor privado, a empresa Effiza, originalmente desenvolvedora de projetos fotovoltaicos, integrou a mobilidade elétrica ao seu negócio. A empresa desenvolveu um protótipo de carregador com valor agregado local, baseado em um microcontrolador de origem alemã, um conector Tipo 2 de origem chinesa e outros componentes adquiridos localmente. O servidor OCCP com o qual o carregador se comunica, também foi fabricado no Uruguai (MOVE, 2021).

O protocolo de comunicação do carregador atende a norma ISO-15118, ou seja, quando utilizado em rede pública, permite que o veículo se conecte diretamente ao carregador para troca de informações, possibilitando a conexão de veículos não cadastrados na UTE (por exemplo: veículos estrangeiros circulando no Uruguai) (MOVE, 2021).

Além disso, a Effiza desenvolveu um *software* capaz de se integrar a qualquer carregador que se comunique pelo protocolo internacional OCCP em suas versões 1.2 a 1.6 (a UTE atualmente gerencia seus carregadores na versão 1.6). A empresa também realiza projetos de desenvolvimento no domínio da autenticação, reserva de carga e análise de dados associados a frotas (MOVE, 2021).

Outra linha de trabalho dessa empresa é a rastreabilidade da bateria. Estão sendo desenvolvidos protocolos que permitem registrar as condições de utilização dos veículos elétricos e, assim, caracterizar as suas baterias associadas. Isso fornecerá informações aos usuários para decidir se continuam a utilizar o veículo com as mesmas baterias ou se seria adequado destiná-las a um segundo uso. Esta linha de trabalho é combinada com o projeto FING para testagem de baterias usadas (MOVE, 2021) (EFISA, F. A. 2021, comunicação verbal). Por outro lado, existe no Uruguai uma organização privada chamada “Autolibre”, especializada em dar treinamento para o desenho e conversão de veículos de combustão (novos ou usados) a veículos 100% elétricos, além de fornecer os componentes para isso. A Autolibre Uruguai coordena um sistema de empresas no México, Colômbia, Peru, Chile, Equador, Panamá, Uruguai e Argentina. Eles já converteram mais de 2.000 veículos de combustão interna em veículos 100% elétricos na região, com engenheiros e técnicos de cada um desses países. A meta da empresa é converter 10.000 veículos elétricos nesses países nos próximos 24 meses (MOVE, 2021).

Paraguai

A Administração Nacional de Eletricidade do Paraguai (ANDE), empresa geradora, transmissora e distribuidora de eletricidade, está tratando do tema de comercialização de carga para se considerar a tipologia de uso e sua respectiva tarifa, com modelos de pré-pagamento, a exemplo do início dos telefones celulares. Sobre este tema, apenas a ANDE pode vender energia elétrica atualmente, e quando se migra para o fornecimento da carga como um serviço, a venda de energia para tal pode se transformar uma barreira para a eletromobilidade. Atualmente existe uma consulta pública aberta para tratar sobre o carregamento de veículos elétricos.

A normatização é considerada importante para viabilizar e baratear a expansão das redes de recarga, cujo normativo pode ser futuramente referendado por lei. Existe no Paraguai um comitê para trabalhar a normativa de veículos elétricos, de caráter voluntário. O país entende que seria conveniente ter um padrão nacional definido, para que todo o ecossistema de mobilidade possa ser financiado mais facilmente, pois a diferença de custo entre os terminais padronizados ou com vários conectores é muito expressiva.

Nesse sentido, a empresa Binacional Itaipu (Paraguai e Brasil) desenvolveu junto com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Instituto Nacional de Tecnologia, Padronização e Metrologia (INTN, Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología) uma Guia para a Padronização da Mobilidade Elétrica no Paraguai (BID, 2020), a qual define um quadro de prioridades para o estabelecimento de normas, que criem condições técnicas para garantir uma transição segura e ordenada para a mobilidade elétrica.

Além disso, o país encontra-se em processo de revisão da sua Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica, a qual terá contemplada em seus eixos estratégicos a definição de critérios técnicos para veículos elétricos e sistemas de recarga, através do estabelecimento de regulamentações, normas e padrões para componentes e infraestruturas de recarga (STP, 2021, no prelo).

Em nível privado, observa-se forte incremento de marcas chinesas, que trazem seus padrões específicos. Entretanto, por não haver ainda um normativo definido, existe uma variedade de conectores empregados, o que pode representar uma barreira futura para a interoperabilidade e para um custo eficiente da mobilidade elétrica no país.

Ainda assim, o Paraguai avança com a implantação de estações de recarga em seu território através do projeto “Ruta Verde”. Instalada sobre a Ruta PY02, o projeto permite aos usuários de veículos elétricos realizar recargas em quatro localidades estrategicamente selecionadas, instaladas a cada 70

km, conectando a capital Assunção (oeste do país, fronteira com a Argentina) à Cidade do Leste e Hernandarias (leste do país, fronteira com o Brasil).

O *Ruta Verde* é executado pelo Parque Tecnológico de Itaipu (Paraguai), em cooperação com a Binacional. Cada estação de recarga conta com espaço para recarregar dois veículos elétricos ao mesmo tempo, de forma gratuita. As estações são subsidiadas e estão operando em modo experimental. Elas contam com diferentes tipos de carregadores, de lentos a rápidos, tendo sido adotados três tipos de conectores no projeto: o CHAdeMO e o CCS para carregadores de corrente contínua, e o tipo 2, para corrente alternada (ABC, 2021). A previsão é de que estas quatro sejam as primeiras de uma série de estações instaladas pelo projeto.

Perspectivas de integração dos corredores elétricos no MERCOSUL

A mobilidade elétrica é uma estratégia prioritária para os países da América Latina e do Caribe como meio de descarbonizar o setor dos transportes e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. Esse setor continua sendo o que tem o maior uso destetipo de energia entre os setores da economia e, portanto, o torna líder em termos de emissões relacionadas a combustíveis fósseis – 15% de todas as emissões regionais de gases de efeito estufa (GEE) em 2018, segundo PNUMA (2020).

Entretanto, a região da América Latina e do Caribe tem condições favoráveis para avançar na implantação da tecnologia de mobilidade elétrica. Tem, entre outras coisas, uma elevada capacidade instalada baseada em fontes de energia renováveis para gerar eletricidade e uma utilização intensiva de ônibus de transporte público. Somados à alta incidência do transporte na geração de GEE, esses fatores levaram muitos países a priorizar o transporte, como parte de suas contribuições determinadas a nível nacional.

Conforme aponta a quarta edição do relatório anual de mobilidade elétrica do Programa MOVE “Mobilidade Elétrica: Avanços na América Latina e no Caribe”, 27 dos 33 países da região priorizaram o transporte como elemento central para atingir suas metas de redução de emissões no âmbito do Acordo de Paris, sendo que 13 mencionaram a mobilidade elétrica de maneira específica, dentro dos seus compromissos internacionais (PNUMA, 2021).

Apesar da grande oportunidade que a mobilidade elétrica representa para a região, a falta de conhecimento e de capacidades em torno aos avanços, os processos, a legislação e outros elementos, ainda constitui uma barreira ao aproveitamento da tecnologia eléctrica nos transportes. Em resposta a esses

obstáculos, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para a América Latina e o Caribe lançou o Programa MOVE em 2016, com a missão de acelerar a transição para a mobilidade elétrica na região (move-latam.org).

Desde então, o MOVE evoluiu e ampliou a sua rede de participantes e o seu âmbito geográfico. Atualmente, o Programa oferece serviços em matéria de assistência técnica, capacitação, criação de conhecimento e acesso ao financiamento em 14 países da América Latina e do Caribe. Os diferentes níveis de desenvolvimento e de condições sociais e econômicas destes 14 países fazem com que as barreiras também sejam oportunidades, na medida em que o MOVE conecta as necessidades e fortalezas de cada país para desenvolver e fortalecer o marco habilitante necessário na região.

Nesse sentido, desenvolve-se o projeto regional “Avançando com uma abordagem regional para a mobilidade elétrica na América Latina”, financiado pelo Fundo Verde do Clima e implementado pelo PNUMA através do Programa MOVE. Participam neste projeto: Argentina, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, República Dominicana e Uruguai.

Através desse projeto, houve uma manifestação de interesse por parte do governo uruguaio por conhecer a experiência dos países vizinhos em temas de (i) regulamentação sobre segurança veicular e sobre níveis de emissões dos veículos de combustão que entram em seus países; e (ii) regulamentações que estão sendo aplicadas em relação à interoperabilidade das redes de recarga e aspectos tarifários. Nesse sentido, em junho de 2021, através do Programa MOVE, foi realizado um *workshop* regional com a participação de técnicos e autoridades vinculados aos governos do Uruguai, Argentina, Brasil, Paraguai, Colômbia e Costa Rica.

O evento em questão teve como objetivo ampliar o conhecimento entre os países da região sobre padronização de conectores e a interoperabilidade de sistemas de recarga, além de estabelecer e fomentar um primeiro diálogo, multisetorial e internacional entre técnicos e tomadores de decisão. Como resultado, foi possível identificar que, via de regra, os países têm avanços incipientes na implementação da mobilidade elétrica, dedicando maior atenção a temas como superar os custos iniciais da tecnologia, regulamentar a distribuição e comercialização da energia elétrica e viabilizar a infraestrutura de recarga necessária. Nesse sentido, o tratamento da interoperabilidade regional não constitui um tema prioritário para os países – a eletromobilidade ainda precisa ser fortalecida em cada realidade nacional. A abordagem regional da interoperabilidade é, portanto, um aspecto que pode ser abordado através da coordenação inicial de iniciativas nacionais.

Em termos de conectores e sua padronização, constatou-se uma tendência em restringir o tipo admitido nas redes públicas de carregamento dos países participantes do evento, que exigem um padrão mínimo de um ou dois tipos. Isso permitirá proporcionar um carregamento seguro e acessível ao maior número de veículos que são oferecidos no mercado. Há, também, um entendimento de que as camadas básicas de eletromobilidade (componentes físicos, como os conectores) devem ser desenvolvidas em paralelo com as camadas superiores (como as de comunicações, informações, funções e modelos de negócios associados ao carregamento de veículos elétricos).

Além disso, foi possível visualizar as perspectivas de integração dos corredores elétricos no MERCOSUL, através do espaço de diálogo proporcionado por MOVE. A Figura 3 ilustra o estado atual de implantação de postos de recarga nos países membros do MERCOSUL.

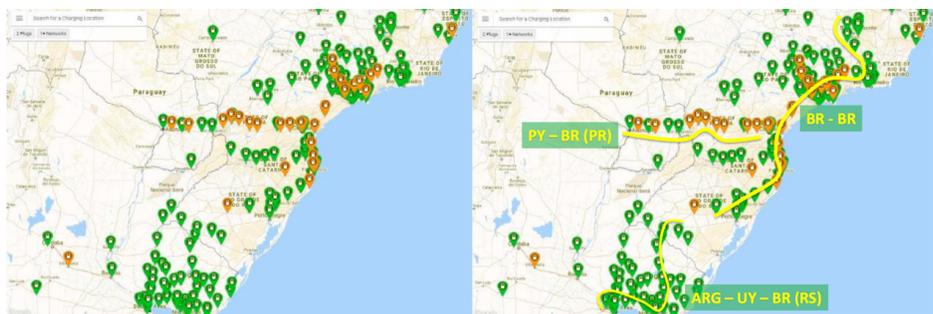


Figura 3. Estado de implantação de postos de recarga em países membros do MERCOSUL.

Fonte: com base em PLUGSHARE (2021).

Concomitante foram adotadas diversas iniciativas relacionadas a mobilidade sustentável urbana, incluindo estudos voltados à fiscalização, indicadores de qualidade do transporte público, guias de mobilidade e de novos instrumentos de promoção da mobilidade elétrica. Essas iniciativas evoluem para a criação de um Programa Nacional da Mobilidade Elétrica, com mecanismos financeiros para sua promoção, elaboração de normativos e planejamento territorial urbano, execução de programas de capacitação e desenvolvimento de competências para atores públicos e privados.

Estudos e soluções em desenvolvimento voltados a inovadores locais e desenhos conceituais de estações de recarga, com seus requisitos mínimos e cenarização futura da infraestrutura no Uruguai estão em consonância com os projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil, já citados da Chamada de Projetos da ANEEL n.º 22/2018. Essa confluência de ideias

configura um quadro bastante favorável para a adequação dos corredores elétricos que conectam esses países.

Da mesma forma, os aperfeiçoamentos regulatórios necessários como normativos de carregamento de veicular, definição de padrões e tipologia de conectores, regulamentos para baixa tensão dedicados a carregamento de veículos elétricos, programas de etiquetagem de eficiência energética, e protocolos de segurança, estão sendo discutidos no âmbito interno dos dois países.

Na mesma direção, estudos de entrada da fonte de hidrogênio verde para a mobilidade elétrica, bem como estudos de seu mercado potencial, tem sido objeto de interesse de fundos de financiamento europeus (como a cooperação alemã, através da GIZ) e do BID na América Latina, e, sobretudo no Uruguai e Brasil, que se mobilizam por meio de seus agentes de regulação e de pesquisa e desenvolvimento.

Cabe destacar que além da confluência das iniciativas próprias da região no campo da mobilidade elétrica, já em 2018 a Mesa Diretiva da Comissão de Integração Energética Regional (CIER)², que conta com a participação dos comitês nacionais dos seus países membros, constituiu um grupo de trabalho especial dedicado a construir uma integração por um eletrocorredor, com a interconexão dos países por meio de estações de recarga de veículos elétricos nas rodovias existentes, ligando as capitais do Uruguai, Paraguai e Argentina aos estados brasileiros do Paraná (Foz do Iguaçu) e Rio Grande do Sul (CIER,2018).

Essas conexões pelos corredores elétricos entre os países, se somadas aos corredores elétricos internos de cada um deles, podem conectar todo o litoral e o interior do Brasil, ampliando a malha de corredores elétricos para dimensões continentais, conforme ilustra a Figura 4, com o Corredor Elétrico da Interligação (CEI) à esquerda e sua conexão interna no território brasileiro à direita. Os dois corredores somados chegam a 10.500 km que potencialmente podem ser utilizados para transporte de cargas e/ou pessoas e em modelos de negócio em eletromobilidade, para desenvolvimento de relações comerciais entre os países, envolvendo as indústrias nacionais e seus mercados consumidores.

2 O CIER é uma organização internacional regional que reúne empresas e organizações do setor energético dos Países Membros (Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela), bem como Membros Associados e Entidades Relacionadas (CIER, s.d.).

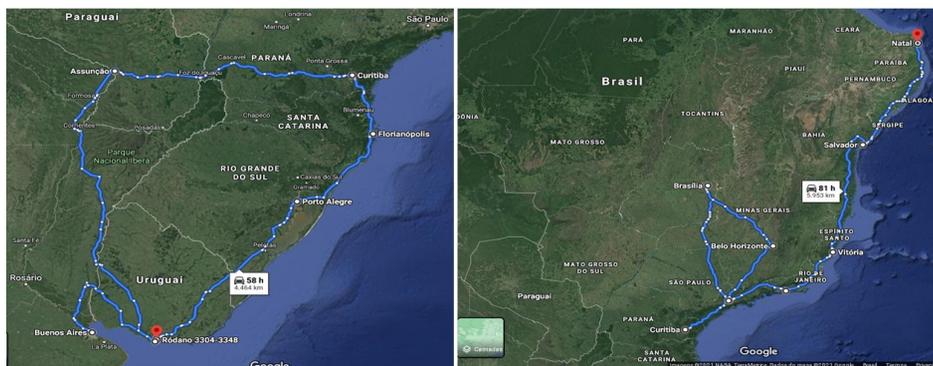


Figura 4. Corredores elétricos potenciais no MERCOSUL.

Fonte: elaboração própria com base em Google Maps.

A imagem da esquerda mostra o CEI entre os quatro países, na ordem de 4.600 km, e a imagem da direita a conexão deste corredor com os que estão em formação no território brasileiro, estimado em 5.900 km – compondo, assim, o potencial electrocorredor de 10.500 km de extensão.

Os desafios para a integração

Os corredores elétricos potenciais apontados e os aperfeiçoamentos regulatórios e legais necessários para o desenvolvimento da mobilidade elétrica nos mercados dos países membros do MERCOSUL, embora aqui elencados como início de discussões técnicas entre os países envolvidos, dependem também de formalização no âmbito dos entendimentos multilaterais e dos acordos internacionais já firmados.

Na reunião do Sub Grupo de Trabalho N°5 em Transportes do Mercosul, em maio de 2021, por iniciativa da presidência *pro tempore* da Argentina, foi referida a importância de começar a incluir na agenda do grupo de trabalho os projetos relacionados com os transportes e o meio ambiente, bem como a importância de trabalhar em conjunto, associando tanto o conhecimento como os recursos. As demais delegações do Grupo coincidiram com a delegação da Argentina, e houve consenso em manter o tema da eletromobilidade na agenda, para seguir compartilhando informações (MERCOSUR, 2021).

Ainda assim, a discussão promovida pelo workshop regional de MOVE, em junho de 2021, evidenciou uma visão comum da importância de se definir um conjunto semelhante de tipos de carregadores, a fim de beneficiar

os usuários e facilitar a viabilidade econômica da infraestrutura de recarga, assim como a sua operação (MOVE, 2021).

Concomitantemente, os representantes consultados entendem que se deve definir uma camada básica de componentes físicos em paralelo às camadas de comunicação, informação e modelos de negócio relacionados à atividade de recarga. Se bem que a interoperabilidade regional ainda não é um tema prioritário aos países, a consolidação das malhas viárias elétricas em cada país, sem o devido planejamento e integração com os demais sistemas de recarga, pode provocar obstáculos ao trânsito e ao comércio futuramente, a exemplo do que se observa nos países europeus, que agora tentam compatibilizar suas diferentes operabilidades e sistemas de pagamento.

De qualquer modo, existe um entendimento de que é um tema importante a ser considerado e de que as discussões técnicas, operacionais e regulatórias referentes à interoperabilidade devem continuar em algum fórum de integração dos países – a exemplo de MOVE e do respectivo evento realizado. Alguns participantes sugeriram que o Programa Regional de Mobilidade Elétrica da ONU (o MOVE) poderia também sediar as discussões regionais e coordenar as ações estratégicas para o avanço comum e integrado das infraestruturas de recarga entre os países.

Conhecendo o estado atual de avanço da mobilidade elétrica nos países da América Latina e do Caribe, entendendo a complexidade dos desafios que a interoperabilidade apresenta e compartilhando do entendimento exposto pelos países no evento realizado, o Programa MOVE lidera atualmente um novo projeto regional sobre este tema.

Ainda assim, será necessário definir qual o âmbito mais adequado para avançar com a articulação, gestão e apoio à implementação da interoperabilidade e seus elementos. A falta de experiências maduras em outras partes do mundo, junto com a abrangência geográfica proposta, amplifica e torna únicos os desafios. Para o caso do MERCOSUL, considera-se, ainda, que existem oportunidades de desenvolvimento tecnológico e reforço das relações comerciais a partir destes desafios. Sustentados por acordos já estabelecidos e uma relação duradoura, os países do MERCOSUL poderiam aproveitar estes desafios também para integrar medidas ambiciosas de mitigação e adaptação climática no centro das estratégias de recuperação econômica da região em face à crise do COVID-19. Assim como aponta o Programa de Meio Ambiente da ONU (UNEP, 2020), uma recuperação econômica alinhada com os objetivos do Acordo de Paris, permitirá que os países se reconstruam melhor, impulsionando o crescimento econômico, a criação de empregos e a obtenção de múltiplos benefícios ambientais e sociais.

Nesse sentido, os planos nacionais de eletromobilidade dos países membros do MERCOSUL poderiam ser confrontados entre si no intuito de se identificar ajustes operacionais necessários à interoperabilidade para que, respeitando-se as escolhas tecnológicas e operacionais de cada país, seja possível proporcionar um alinhamento de ações para promover intercâmbios comerciais de novos modelos de negócio, envolvendo fabricantes, fornecedores e usuários.

Conclusões

Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai possuem ampla experiência de cooperação em diversos aspectos e em múltiplos ambientes institucionais. Em particular, destacam-se a coordenação nos setores de energia elétrica, produção de automóveis e autopeças, expressa em múltiplos projetos de geração de eletricidade já realizados, um longo histórico de trocas de energia elétrica e os Acordos de Complementação Econômica do setor automotivo no âmbito da Associação Latinoamericana de Integração (ALADI, 2021). O MERCOSUL é, possivelmente, a expressão mais profunda desta vocação colaborativa, mas, principalmente, é uma esfera institucional cujo âmbito geográfico inclui uma sub-região com enorme potencial para a integração internacional da eletromobilidade.

Nesse sentido, os Subgrupos de Trabalho n° 5 (Transportes), n° 7 (Integração Industrial e Produtiva), e n° 9 (Energia) do MERCOSUL constituem âmbitos de coordenação atrativos para discutir e explorar as oportunidades oferecidas pela eletromobilidade, assim como os desafios da interoperabilidade nas agendas dessa sub-região. Este espaço de interlocução tem o potencial de facilitar a definição de acordos multipaíses, através dos quais possam ser tratados e padronizados elementos que irão acelerar a interoperabilidade regional das infraestruturas e sistemas de recarga para veículos elétricos.

Tais acordos e definições poderiam não apenas alavancar a adoção da tecnologia elétrica nos próximos anos, como também fortalecer a cooperação econômica e comercial já existente entre os seus países membros. Ainda assim, poderiam permitir o desenvolvimento local e regional de novos serviços e tecnologias, os seus respectivos escalonamentos – resultantes da reutilização dos componentes interoperáveis, e a consequente redução de custos de instalação, integração e operação. Ainda, com o potencial de conjugar as estratégias de interoperabilidade com as oportunidades de recuperação econômica verde, aproximando os países das metas do Acordo de Paris.

Se bem que a interoperabilidade para sistemas de recarga de veículos elétricos é um desafio complexo e recente no mundo, a América Latina e o Caribe, assim como o MERCOSUL, conta com o apoio do Programa MOVE e do canal de diálogo já estabelecido com os governos de seus países. A definição conjunta dos âmbitos mais apropriados para avançar com a implementação dos elementos técnicos, operacionais e regulatórios que garantirão a interoperabilidade, deverá facilitar a construção regional de um planejamento integrado, o qual promoverá também um reforço das atividades econômicas envolvendo os fabricantes, fornecedores e usuários, ao gerar novos serviços e modelos de negócios.

No caso do Brasil, o ambiente regulatório é bastante favorável à regulamentação da matéria da eletromobilidade, tendo em vista que a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL já regulou em 2018 o tema e atualmente promove o desenvolvimento de soluções, com 30 projetos de pesquisa e desenvolvimento em curso em todo território nacional, em forma de redes de inovação com a indústria local. Concomitante, instaurou uma Tomada de Subsídios em Recursos Energéticos Distribuídos (RED), considerando os veículos elétricos e as estações de recarga como algumas modalidades importantes. Acredita-se que, quando concluídos, os projetos apresentem as soluções estudadas e abram caminho para inovações tecnológicas e de processos na indústria de bens e serviços, o que pode em muito promover a integração comercial com os países do MERCOSUL.

Referências

ABC. *Ministerio de Industria habilita estaciones de recarga de autos eléctricos*, 2021. Acesso em: agosto de 2021. Disponível em: <https://www.abc.com.py/nacionales/2021/06/22/ministerio-de-industria-habilita-estaciones-de-recarga-de-autos-electricos/>

ALADI. *Acuerdos Actuales*, 2021. Disponível em: <https://www.aladi.org/sitioaladi/acuerdosactuales/>

BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento). *Guía para la estandarización de la movilidad eléctrica en Paraguay: Para vehículos terrestres*, 2020. Acesso em: agosto de 2021. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/guia-para-la-estandarizacion-de-la-movilidad-electrica-en-paraguay-para-vehiculos-terrestres>

CAMPAGNOLI, F. *Regulatory improvements with the promotion of Innovation for the integration of electric vehicles in Brazil – Final Project – Master Level of Electric Vehicles: a power sector perspective – on line course*. Florence School of Regulation, Robert Schuman Centre for Advanced studies, 2020a.

CAMPAGNOLI, F. A rede de inovação no setor elétrico como um catalisador para impulsionar o ecossistema de inovação no setor elétrico brasileiro. In: CASTRO, N.J.; CASSIOLATO, J.E.; LA ROVERE, R.L.; MATOS, M.P.; PODCAMENI, G.; MOSZKOWICZ, M.; ROSENTAL, R. (orgs.). *Programa de P&D ANEEL: avaliação e perspectivas*. Grupo de Estudos do Setor elétrico – GESEL/UFRRJ, 2020b, p 377-402.

CEN-CENELEC-ETSI SMART GRID COORDINATION GROUP, CEN-CENELEC. *SGAM User Manual – Applying, testing & refining the Smart Grid Architecture Model (SGAM), Version 3.0*, 2014. Disponível em: ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/SGCG_Methodology_SGAMUserManual.pdf

CIER (Comissão de Integração Energética Regional). *Lanzamiento del Proyecto Electrovia del Mercosur*, 2018. Disponível em: <https://www.cier.org/es-uy/Paginas/Lanzamiento-Electrov%C3%ADa.aspx>

CIER (Comissão de Integração Energética Regional). [s.d]. Acesso em: ago. 2021. Disponível em: <http://www.cier.org>

ENEL X. *The Different EV Charging Connector Types*, 2019. Acesso em: ago. 2021. Disponível em: <https://evcharging.enelx.com/resources/blog/552-ev-charging-connector-types>

MERCOSUR. *Sub Grupo de Trabajo N°5 – Transporte. Acta N° 01/21, 2021. SIM – Reuniones / Documentos Oficiales (mercosur.int)*. Acesso em: jul. 2021. Disponível em: https://calendario.mercosur.int/simfiles/docreuniones/84340_SGT5_2021_ACTA01_ES.pdf

MRE (Ministério das Relações Exteriores do Brasil). Acesso em: 19 jul. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/mercosul/saiba-mais-sobre-o-mercosul/saiba-mais-sobre-o-mercosul>

MOVÉS. *Documento del proyecto*, 2020. Disponível em: <https://moves.gub.uy/el-proyecto/>

MOVÉS. *Apoyo a fabricantes locales de vehículos eléctricos livianos – Proyecto MOVÉS*. Disponível em: <https://moves.gub.uy>

PLUGSHARE. *Dados de junho de 2021*, 2021. Acesso em: ago. 2021. Disponível em: <https://www.plugshare.com>

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). *Carbono Cero – América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá*, 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/es/resources/informe/carbono-cero-america-latina-y-el-caribe>

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá*, 2021. Disponível em: <https://movelatam.org/4ta-edicion/>

PROGRAMA DE MOVILIDAD ELÉCTRICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – MOVE. 2021. *Taller regional “Normativa e interoperabilidad de sistemas de carga de vehículos eléctricos”*. 24 de junho de 2021, Uruguai. Através do Programa de Meio Ambiente para América Latina e Caribe (PNUMA) das Nações Unidas (ONU).

PROGRAMA MOVE. *Uruguay: Línea de base nacional y evaluación de oportunidades, desafíos y necesidades de tecnología de la movilidad eléctrica*, Fevereiro 2021.

STP (Secretaría Técnica de Planificación y Desarrollo Social). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Paraguay*, 2021. No prelo.

UNEP (United Nations Environment Programme). *The Energy transition as a key driver of the COVID-19 economic recovery in Panama*, 2020. Acesso em: ago. 2021. Disponível em: <https://recuperacionverde.com/gem/panama/>

WALLBOX. *Open Charge Point Protocol – Guia de Ativação, Português, v. 2.0*, 2021. Acesso em: ago. 2021. Disponível em: https://support.wallbox.com/wp-content/uploads/2021/02/PT_OCPP_GUIA_DE_ATIVACAO.pdf

Eletrificação de frotas comerciais: uma tendência em expansão

*Lucca Zamboni
Luiza Masseno Leal
Vinicius José da Costa*

Avanço da mobilidade elétrica e a eletrificação de frotas comerciais

Diante do contexto mundial de agravamento das mudanças climáticas, devidas a emissão antropogênica de Gases do Efeito Estufa (GEE), o setor energético atravessa um processo de transição pautado pela necessidade de descarbonização. De acordo com a *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2020), a eletrificação das atividades econômicas altamente poluidoras é uma opção que se torna cada vez mais viável do ponto de vista técnico e econômico e constitui um dos principais caminhos para se alcançar a neutralidade de carbono no longo prazo.

Em síntese, a eletrificação permite a substituição da queima de combustíveis fósseis pelo uso direto da eletricidade, cada vez mais produzida a partir de fontes renováveis. Busca-se assim, a promoção de uma matriz energética ambientalmente sustentável e o estabelecimento de maior segurança energética nos países, por meio da redução da dependência da importação de combustíveis fósseis.

De acordo com dados da *International Energy Agency* (IEA, 2020), o setor de transportes é responsável por cerca de 24% do total de emissões mundiais de dióxido de carbono (CO₂), sendo o transporte rodoviário de passageiros e o transporte rodoviário de frete os maiores contribuidores. Este cenário evidencia os desafios de um setor de fundamental importância para a economia e que se depara com a urgência na aceleração do processo de descarbonização. Por consequência, verifica-se a introdução de inovações de baixo carbono, dentre as quais se destaca a transição para os veículos elétricos (VE).

Nos últimos anos, o mercado de VE tem apresentado uma expansão acelerada. Segundo dados da IEA (2021), apresentados no *Global EV Outlook 2021*, ao final de 2020, já existiam mais de 10 milhões de carros elétricos circulando pelas estradas no mundo todo. No entanto, como pode ser observado no Gráfico 1, uma grande parcela destes veículos está concentrada em três grandes mercados: China, Europa e Estados Unidos (EUA).

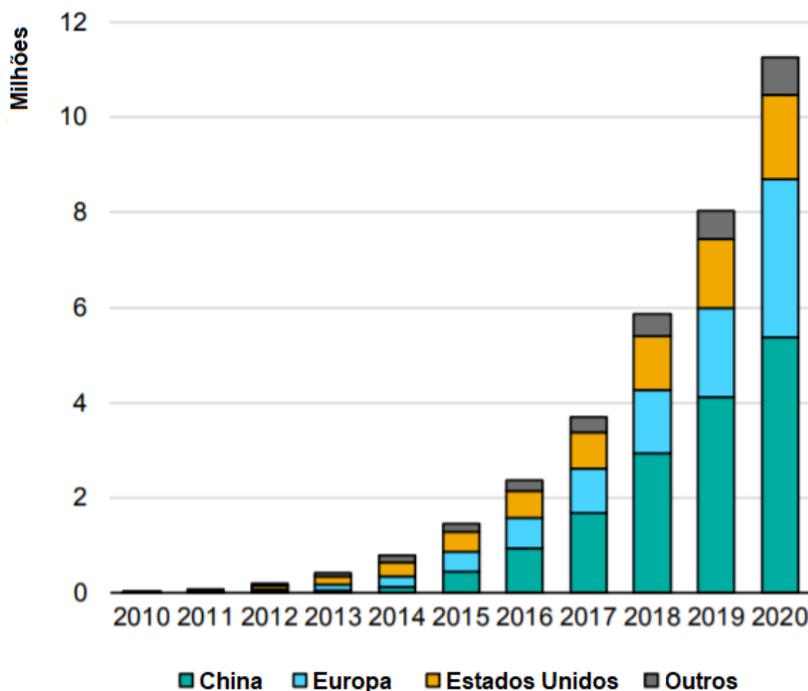


Gráfico 1. Estoque global de veículos elétricos por região: de 2010 a 2020 (em milhões de unidades).

Fonte: Traduzido de IEA (2021).

Os principais mercados de VE possuem políticas públicas e regulações de estímulo à eletrificação da mobilidade. As políticas de incentivo são consideradas fundamentais em todo o processo de expansão do mercado e na difusão do uso dos VE, que foi observado nos últimos anos, tendo em vista o seu papel de mitigar o alto custo de aquisição desses veículos em comparação com os tradicionais à combustão. Como pode ser observado no gráfico abaixo (Gráfico 2), durante todo o período entre 2015-2020, os gastos governamentais representaram mais do que 10% dos gastos totais com VE, incluindo incentivos diretos na aquisição de VE e deduções fiscais.

Os subsídios direcionados a aquisição de VE, correspondem a uma parcela importante dos gastos governamentais que buscam estimular a eletrificação da mobilidade. Vale ressaltar que esses gastos apresentaram grande relevância nos pacotes de estímulo à economia, no contexto da pandemia da Covid-19, principalmente, em alguns países europeus. Os investimentos e incentivos a instalação de carregadores de acesso público, também se posicionam como uma medida efetiva de incentivo a difusão da Mobilidade Elétrica (ME).

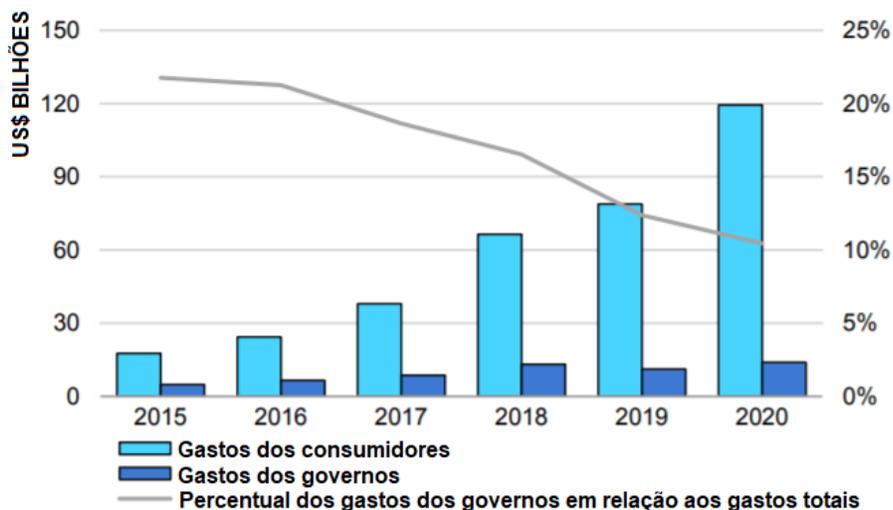


Gráfico 2. Gastos governamentais e dos consumidores em veículos elétricos: de 2015 a 2020 (em bilhões de dólares).

Fonte: Traduzido de IEA (2021).

Dessa forma, os principais atores da indústria automobilística se posicionam estrategicamente para a transição em direção a essa nova tecnologia, estabelecendo investimentos em mobilidade elétrica, assim como metas para o fim das vendas e dos lançamentos de novos veículos de motor a combustão interna (VMCI).

Empresas privadas, em paralelo, apresentam uma pressão cada vez maior para a implementação de iniciativas que visam a melhora de seus indicadores de sustentabilidade ambiental, através, por exemplo, da utilização de tecnologias de baixo carbono. Muitos grupos empresariais estabelecem metas de redução das suas próprias emissões de GEE, incluindo a redução dos impactos ambientais negativos provenientes da operação de suas frotas

comerciais. Nesse sentido, a inovação a ser implementada no transporte comercial a partir da introdução dos VE desempenhará um papel central nas mudanças das atividades empresariais e da percepção do cliente.

Vale ressaltar que as frotas elétricas comerciais apresentam vantagens, como: operação livre de emissão de gases de escape, redução da poluição sonora em grandes centros urbanos, maior conforto do motorista e potencial de redução de custos operacionais da frota, a partir da economia de gastos com combustível e manutenção. Os VE também apresentam alto torque constante em todas as velocidades, eficiência energética no tráfego pesado e melhora da capacidade de manobra em ruas estreitas. Nesse sentido, os VE se tornam opções atraentes para operações urbanas, particularmente em casos em que o alcance operacional necessário para as atividades da empresa é curto e previsível.

Nos últimos anos, em diversos países e regiões, esta tecnologia tem sido adotada por inúmeras empresas. Segundo dados da IEA (2021), o estoque global de veículos comerciais leves elétricos se aproxima de 435.000 unidades, com destaque para a China e Europa. Tratando-se dos caminhões elétricos pesados, o estoque global atual situa-se no entorno de 31.000 unidades. Em 2020, esse segmento apresentou 7.400 novos registros com destaque para o mercado chinês.

Outras regiões, como a América Latina, apesar de ainda se apresentarem em estágios iniciais na mobilidade elétrica, algumas iniciativas também merecem destaque. Como o caso, por exemplo, do Brasil, o qual será analisado posteriormente.

Desafios e condições de implementação

A eletrificação de frotas comerciais se apresenta como uma tendência tecnológica mundial favorável à construção de uma economia de baixo carbono. No entanto, percebe-se ainda significativos desafios para a sua maior difusão, do ponto de vista econômico e operacional.

Aspectos econômicos

A partir de uma perspectiva econômica, pode-se destacar como principais desafios para a implementação da eletrificação em frotas comerciais: o alto custo de aquisição de VE e o alto custo de aquisição e instalação da infraestrutura de recarga necessária às operações.

Em relação ao custo de aquisição de VE, geralmente, mencionado pelas empresas como principal obstáculo para a sua maior adoção, este pode ser, em parte, compensado pelas economias com a operação e manutenção do veículo. Desta forma, ao longo do tempo, os custos totais de propriedade dos VE se tornam mais competitivos.

O conceito de *Total Cost of Ownership* (TCO) (custo total de propriedade) tem sido frequentemente utilizado em estudos que visam comparar os VE e os VMCI. A utilização do TCO se mostra útil, já que resume todos os custos relevantes desde a compra até a revenda do veículo. No entanto, os cálculos de TCO podem variar e os agentes devem decidir quais custos irão incluir (EUFAL, 2020).

Com o objetivo de comparar os custos ao longo do tempo, a metodologia do TCO utiliza a fórmula financeira do valor presente descontado. Dessa forma, calcula-se o custo total descontado de possuir, operar e manter um ativo por um período limitado. Em geral, o custo total de propriedade é calculado em três etapas: i) análise de todos os fluxos de custos periódicos; ii) cálculo do valor presente dos custos pontuais e recorrentes; e iii) divisão do valor presente pelo número de quilômetros durante a vida útil do veículo para calcular o custo por quilômetro (LEBEAU, MACHARIS e MIERLO, 2019).

A descrição mais detalhada de custos depende ainda do tipo de frota, perfil de uso, contexto local, possíveis incentivos financeiros, dentre outros fatores. Dessa forma, para atividades diferentes obtêm-se perspectivas diferentes de avaliação econômica e, portanto, o uso de VE é mais adequado para algumas empresas e não para outras. Vale ressaltar ainda que os valores de revenda de VE e baterias estão apenas surgindo, e não existe muita informação com relação a este mercado.

Percebe-se, então, que estimar o impacto financeiro de migrar para VE ainda se mostra complexo e desafiador. No entanto, observam-se resultados em comum de análises acerca do TCO de veículos comerciais elétricos, os quais confirmam os desafios econômicos ainda presentes para uma maior difusão dessa tecnologia. Dentre os pontos verificados, destaca-se que para o alcance de uma maior posição competitiva dos VE, atualmente, são necessárias políticas públicas, como incentivos fiscais, subsídios, vantagens de financiamento, de circulação, taxaço do carbono, dentre outros.

Além disso, no âmbito da eletrificação de frotas comerciais, em geral, os veículos de transporte de passageiros pequenos, como as vans elétricas competem mais facilmente com suas versões convencionais à combustão interna. Isso ocorre, pois as pequenas vans apresentam um peso menor, necessitando, então, de baterias menores e de menor custo. Em suma, percebe-se

que quanto mais pesado se torna o VE, mais difícil se torna sua competitividade frente à tecnologia à combustão, justamente devido ao impacto da bateria no custo de aquisição de um VE. Vale ressaltar, no entanto, que se o valor residual das baterias puder ser capturado a partir de sua revenda, a competitividade dos VE se torna maior, especialmente para os VEmais pesados.

O potencial de economias no âmbito da operação e manutenção impulsionam o interesse das empresas com frotas de alta utilização diária. Isso ocorre, pois, a competitividade dos VE comerciais pode ser alavancada a partir de uma maior otimização do uso do veículo. No entanto, vale ressaltar, que esses veículos geralmente são utilizados dentro do perímetro urbano, considerando a restrição de autonomia do VE. Destaca-se, ainda a importância da otimização da vida útil do veículo, a qual, por sua vez, está muito relacionada, a vida útil das baterias.

Em suma, no que se refere aos obstáculos da autonomia limitada e do custo adicional, em Camilleri (2018), destaca-se que essas duas variáveis apresentam uma certa relação, ou seja, quanto menor o trajeto percorrido pelo usuário, menos a autonomia limitada é um obstáculo. No entanto, quanto maior se torna o trajeto, maior será também o benefício dos baixos custos operacionais de carregamento dos VE.

O alto custo com a instalação da infraestrutura de carregamento dentro das instalações das empresas, constitui uma barreira significativa para a implementação dessa nova tecnologia. É necessário identificar as melhores alternativas de carregamento que serão implementadas no âmbito do processo de eletrificação de frotas comerciais. Os carregadores rápidos podem reduzir o número de carregadores necessários para a operação da empresa, no entanto são significativamente mais caros que outros carregadores de menor potência. Além disso, aumentar a velocidade de carregamento e a densidade dos carregadores pode aumentar outros custos, como por exemplo, a adaptação da rede elétrica.

Destaca-se ainda a necessidade do carregamento inteligente para a implementação de frotas elétricas. A falta da recarga inteligente pode levar a novos custos de adaptação e reforço da rede elétrica, assim como uma tarifa de eletricidade maior. É possível obter economias significativas nos custos de eletricidade a partir de uma correta estratégia de recarga inteligente, suavizando os picos de recarga, presentes especialmente no caso de frotas maiores. A instalação elétrica é impedida de se sobrecarregar ao carregar vários veículos ao mesmo tempo. A difusão da adoção da recarga inteligente ainda minimiza o risco de aumento do pico de demanda de eletricidade à

noite, quando a maioria das pessoas, empresas e operadores de frotas recarregam o veículo, pode ainda perturbar o equilíbrio entre a oferta e demanda de eletricidade.

Aspectos operacionais

O processo de eletrificação de frotas comerciais irá depender de diversos parâmetros operacionais, os quais se alteram dependendo da atividade desempenhada pela empresa. Dentre estes, pode-se destacar, por exemplo: i) o tamanho e tipo de frota; ii) funcionalidade e características específicas do veículo e ativos complementares, caso possuam (implementos); e iii) perfil de recarga e de utilização do veículo.

Apesar dos novos lançamentos de VE apresentarem uma autonomia máxima cada vez maior após apenas uma recarga, a ansiedade acerca da autonomia se apresenta como uma das principais preocupações para sua adoção em massa. A avaliação e percepção da limitação de autonomia do VE pelo usuário depende ainda do seu perfil de uso, da disponibilidade de pontos de carregamento (públicos e privados) e da velocidade de carregamento.

As distâncias percorridas anuais variam entre os diferentes tipos de usos de veículos. Segundo Camilleri (2018), para os veículos comerciais leves, a mediana é de cerca de 12.000 quilômetros por ano (cerca de 50 quilômetros por dia útil) a 18.000 quilômetros por ano (cerca de 75 quilômetros por dia útil), dependendo da categoria. No entanto, as distâncias percorridas são em média significativamente maiores para caminhões de 9 a 12 toneladas. Nesse caso, a quilometragem média anual é de 27.200 quilômetros (que chega a subir para 43.200 quilômetros para transporte de terceiros). Os modelos de VE atualmente disponíveis no mercado são suficientes para suprir uma boa parte da demanda por autonomia dessas empresas. No entanto, para maiores distâncias e demandas de emergência, por exemplo, a necessidade de infraestrutura de recarga se torna um ponto crítico para minimizar problemas com a autonomia do veículo.

Outro ponto de atenção se refere ao fato de que as empresas ainda se mostram cuidadosas frente a essa tecnologia, pois buscam o atendimento de 100% das solicitações, ou seja, o não atendimento de uma demanda por falta de recarga não está considerado nos seus modelos de negócio. Um veículo que cubra a maior parte das viagens do dia a dia não é o mesmo que uma solução que cubra todas as viagens, permitindo padrões de mobilidade inalterados.

Vale ressaltar que ao adicionar uma bateria como solução para uma maior autonomia do veículo, em contrapartida, aumenta-se o custo do ciclo de vida, suas emissões durante a cadeia produtiva e o consumo de energia durante as operações devido ao peso adicional. Percebe-se, assim, que a autonomia e o custo estão vinculados à capacidade da bateria.

A falta de disponibilidade de modelos no segmento comercial constitui outra barreira significativa, especialmente para cargas e volumes maiores. O consenso é que, para muitos usos, ainda não há o fornecimento adequado de VE, com poucas opções disponíveis no mercado. No entanto, é perceptível que os fabricantes de automóveis nos últimos anos já veem se posicionando mais consistentemente nesse novo mercado com o aumento de anúncios de novos lançamentos de VE para operações comerciais.

A partir da análise da experiência internacional, vale destacar que existem parâmetros adicionais que afetam significativamente o desempenho operacional do VE, principalmente sua autonomia, pois aumentam o consumo de energia elétrica. Dentre eles, destacam-se: i) aumento do peso da carga; ii) controle de temperatura; iii) outros usos de energia auxiliar; e iv) o perfil de direção, o qual depende do tráfego (o consumo nas cidades será menor do que nas rodovias) e do comportamento de direção.

De acordo com Erdinç *et al.* (2019), em estudo acerca da eletrificação de frotas de caminhão de lixo, a alteração dos valores de massa total dos veículos, principalmente adicionais de carga pesada, pode ter um efeito significativo na força total do veículo (especialmente na força de aceleração) e, conseqüentemente, na demanda de potência e consumo de combustível.

Em relação aos componentes auxiliares, vale ressaltar que o sistema de aquecimento e refrigeração pode apresentar um consumo expressivo de energia, dependendo da temperatura ambiente. Em caso de temperaturas extremas, como por exemplo 35°C, o consumo de energia necessário para controle de temperatura da cabine pode chegar a aproximadamente 30% da energia total consumida pelo veículo (MALLADI et al, 2020). Além disso, ao contrário dos VMCI, os VE não se beneficiam da recirculação de calor do motor. Dessa forma, a temperatura ambiente tem um efeito significativo no consumo de energia do controle de temperatura da cabine e temperaturas extremas podem reduzir a autonomia dos VE. É importante identificar, então, que uma possível superestimativa da autonomia máxima de um veículo devido à omissão da potência do controle de climatização da cabine pode ameaçar a viabilidade da implantação da mobilidade elétrica nas operações de logística urbana (MALLADI et al., 2020).

O treinamento dos choferes e demais membros que participam do processo de logística associado aos veículos de carga, é outro ponto essencial para o maior sucesso no processo de eletrificação de uma frota, permitindo assim, uma melhor adaptação e familiarização com a nova tecnologia e sua lógica operacional. Um comportamento de direção agressivo consumirá mais energia do VE, e se beneficia menos da frenagem regenerativa.

Para o processo de eletrificação de frotas comerciais, é necessária a avaliação e dimensionamento da instalação de infraestrutura de recarga no estabelecimento. Essa infraestrutura se mostra fundamental para fornecer maior segurança e confiabilidade no acesso ao carregamento pelos usuários. Não é recomendável que os operadores de frotas estabeleçam o planejamento das rotas a partir da disponibilidade de infraestrutura de recarga pública. Os pontos públicos de carregamento podem apresentar defeitos ou filas de espera, prejudicando a atividade da empresa.

Em geral, no caso de VE comerciais, o carregamento é realizado durante a noite nas dependências das respectivas empresas. No entanto, alguns desafios se apresentam, como, por exemplo, o fato de que o tempo necessário para carregar um VE depende da potência da estação e da capacidade da bateria. E caso ocorra algum problema de carregamento durante a noite, por exemplo, o veículo não poderá ser utilizado por um período de tempo significativo no dia seguinte.

Nesse sentido, o gerenciamento e supervisão do processo de carregamento de uma frota inteira requer ferramentas de tecnologias de informação e comunicação (TIC) adaptadas e integradas. O mercado de TIC se desenvolve continuamente e oferece um grande número de produtos acessíveis para as operações de logística.

As dificuldades com a infraestrutura de carregamento se concentram na fase a montante, ou seja, durante a fase de planejamento e instalação. Torna-se necessária a adaptação no âmbito organizacional da empresa, com atenção para o dimensionamento dos carregadores e suas localizações, assim como atenção a dificuldades técnicas de instalação.

O Quadro 1 resume alguns dos principais requisitos e restrições observados na implementação e operação de frotas comerciais eletrificadas.

Quadro 1. Implementação de frotas elétricas comerciais: requisitos e restrições.

- É absolutamente necessário que o veículo tenha o tamanho certo, a autonomia certa e o preço certo (dois em três não são suficientes).
- As restrições financeiras são rígidas diante do ambiente competitivo das empresas proprietárias de frotas comerciais. Em geral, incentivos governamentais para a eletrificação de frotas é fundamental para sua viabilidade econômica.
- A substituição da frota convencional para VE requer significativas mudanças organizacionais e de processos. Há um aumento de complexidade.
- Maior segurança e confiabilidade no acesso ao carregamento de eletricidade em instalações próprias. Não é recomendável a dependência acerca da qualidade de serviço de carregadores rápidos na rua.
- A utilização de VE requer novas habilidades e novos *softwares*.
- Geralmente, uma perda de oportunidade de prestar um serviço é inaceitável. As empresas normalmente buscam uma solução que cubram todas as viagens. Caso contrário, preferem não adotar VE.
- A experimentação é a maneira ideal de ganhar experiência. Isso pode ser difícil para empresas pequenas.
- Importância da infraestrutura de recarga inteligente para minimização de custos de operação da frota.

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Camilleri (2018).

Políticas públicas e regulações de estímulo à eletrificação de frotas comerciais

Ao longo dos últimos anos, é possível observar uma série de metas e políticas estabelecidas no âmbito do poder público, as quais buscam impulsionar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias e inovações de baixo carbono, objetivando um desenvolvimento econômico sustentável. A atuação governamental se mostra fundamental para o estabelecimento do suporte e dos incentivos necessários para a introdução e difusão da mobilidade elétrica (ME). Diante deste contexto, uma análise aprofundada em relação a tais medidas de estímulo, torna-se relevante no âmbito do estudo da eletrificação de frotas comerciais.

Experiência internacional

A partir da análise da experiência internacional na mobilidade elétrica, observa-se regulações e políticas públicas de estímulo à ME. O estabelecimento de regulações e metas visa possibilitar uma maior confiança no processo de transição para a eletrificação e incentivar o investimento das partes interessadas para prover os recursos necessários nessa transição. Dentre as principais regulações de estímulo, destacam-se:

- (i) Metas ambiciosas de redução das emissões de GEE;
- (ii) Metas de estoque e vendas de VE e/ou mandatos;
- (iii) Metas de longo prazo para eliminar a fabricação e vendas de VMCI;
- (iv) Metas de implantação de infraestrutura de recarga;
- (v) Enquadramento legal e regulamentar para a ME, incluindo padronização tecnológica e interoperabilidade de infraestrutura de recarga; e
- (vi) Estabelecimento de metas compulsórias de compra de VE para a frota pública.

Esse conjunto de medidas e metas estabelecem os automóveis de baixa emissão como atores importantes no cenário futuro, guiando e promovendo maior confiança para os novos investimentos da indústria automobilística em mobilidade elétrica. O enquadramento legal e regulamentar para a ME promove ainda maior segurança para adoção de VE por parte de consumidores (empresas ou particulares). As metas compulsórias de VE para frotas públicas podem ainda impulsionar a experimentação e divulgação dessa nova tecnologia para a sociedade como um todo.

As políticas públicas de incentivo à expansão da eletrificação da mobilidade, estão profundamente presentes nas regiões que apresentam maior difusão dos VE, incluindo incentivos não financeiros e financeiros. Dentre os incentivos não financeiros observados na experiência internacional, destacam-se políticas de circulação em centros urbanos, como facilidades de circulação e acesso beneficiadas pelos incentivos, incluindo restrição de emissões em áreas urbanas, descontos e isenção de pagamento de estacionamento, pedágios e outras taxas.

No caso específico de VE de carga, também se destacam o apoio municipal para a construção e operação de centros de consolidação urbana servidos por VE de carga, assim como janelas de tempo alargadas para operadores que utilizam VE. As janelas de tempo alargadas possibilitam que os VE trafeguem em centros urbanos em períodos da noite e de manhã cedo, por

exemplo, considerando sua operação sem ruídos. Dessa forma, os VE de carga apresentam maior vantagem ao poder circular nesses locais.

Pelo lado da demanda, os incentivos financeiros estão presentes para particulares e empresas/instituições governamentais, como: i) subsídios para aquisição de VE; ii) redução e isenção de impostos ou taxas; iii) tarifas diferenciadas de recarga; iv) financiamento de iniciativas de eletrificação; v) incentivo para instalação de infraestrutura de carregamento; e vi) fácil acesso à infraestrutura de recarga pública e gratuidade.

De acordo com ACEA (2020), todos os países da União Europeia (EU) apresentam algum tipo de incentivo para VE, exceto a Lituânia. Vinte estados membros da UE oferecem incentivos (como pagamentos de bônus ou prêmios) para compradores de veículos elétricos. No que se refere a veículos comerciais, os países que oferecem incentivos específicos para a propriedade deste tipo de veículo são Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Letônia, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Suécia e Reino Unido.

Percebe-se, assim, a significativa presença de incentivos públicos para a eletrificação de frotas comerciais no continente europeu. Segundo dados da *European Alternative Fuels Observatory* (EAFO), a frota total de veículos comerciais leves e pesados na União Europeia, apresentou um crescimento de aproximadamente 59%, entre 2018-2021, ilustrando o impacto das políticas de estímulo na região.

Os investimentos e incentivos à instalação de carregadores de acesso público, também se destacam. Apesar das frotas comerciais apresentarem carregadores privados, a maior disseminação da infraestrutura de recarga pública conduz a uma menor preocupação dos motoristas e operadores de frota com relação a autonomia do VE em suas atividades, possibilitando ainda o abastecimento por oportunidade, como em estacionamentos ou paradas para alimentação.

Pelo lado da oferta, identifica-se que as principais políticas públicas de incentivo visam: i) benefícios fiscais e financiamento para empresas da cadeia de valor; ii) promoção de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no âmbito da mobilidade elétrica; e iii) política industrial para a ME e desenvolvimento da cadeia produtiva, assim como estabelecimento de parcerias público-privadas no processo de construção do ecossistema de ME.

O estabelecimento de metas e medidas do lado da oferta do mercado de VE, tem conduzido a revisões no planejamento de longo prazo das principais empresas da indústria automotiva. Espera-se que estas adotem a mobilidade elétrica de forma mais ampla na sequência da década de 2020. Segundo a IEA (2021), atualmente, 18 das 20 maiores empresas automobilísticas do mundo,

que combinadas representaram quase 90% de todos os novos registros de automóveis em 2020, anunciaram a intenção de aumentar o número de modelos disponíveis e aumentar a produção de VE.

Na América Latina, vale ressaltar o caso do Uruguai, o qual a partir do projeto “Rumo a um sistema de mobilidade urbana sustentável e eficiente no Uruguai”, chamado Projeto MOVÉS, visa promover o uso do transporte público de passageiros e do transporte ativo, bem como transformar o transporte de última milha urbana e logística de carregamento com VE. Os princípios fundamentais do projeto são a igualdade de acesso à mobilidade, privilegiando os aspectos ambientais e sociais. Busca ainda melhorar a qualidade do transporte público de passageiros, minimizar os impactos do transporte de mercadorias com a utilização de VE e colaborar na geração de novos regulamentos de emissão e consumo (MOVÉS, 2021).

A empresa pública Administração Nacional de Usinas e Transmissão (UTE) no Uruguai tem desempenhado um papel importante na capacitação do país para contar com a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da ME. As ações desenvolvidas pela UTE direcionam-se, principalmente, a infraestrutura de carregamento. Além disso, destacam-se também subsídios para a substituição de ônibus a diesel por elétricos regulamentados pelo Poder Executivo e o teste gratuito de veículos utilitários do Projeto MOVÉS (MINISTERIO AMBIENTE, 2020).

Os incentivos voltados a incorporação de VE para uso comercial e distribuição urbana promovidos no Uruguai, concentram-se na isenção de impostos de importação e redução do Imposto Específico Interno (IMESI). Além disso, amostras de mobilidade elétrica são realizadas anualmente para aproximar a tecnologia de diferentes atores.

O país apresenta instrumentos de impacto a ME em empresas, como a Lei de Promoção do Investimento no Uruguai, que estabelece a isenção do Imposto sobre o Rendimento da Atividade Empresarial (IRAE), para empresas que apresentem projetos em que haja investimento em veículos utilitários elétricos. Também há presença de certificados de eficiência energética, em particular, os veículos elétricos recebem mais prêmios e o Banco de Seguros do Estado apoia os instrumentos promovidos pelo MIEM/MOVÉS (MIEM, 2020 e MIEM, 2018).

Outro caso interessante de estudo acerca da mobilidade elétrica na América Latina é o Chile. O Ministério de Energia, lançou o programa Rota Energética 2018-2022 que define diretrizes e estratégias para alcançar sustentabilidade energética e desenvolvimento para a matriz energética chilena. Dentre os compromissos citados no documento, vale ressaltar as metas que

se comprometem a aumentar em 10 vezes a quantidade de VE que circulam no país e acelerar o processo de descarbonização da matriz energética com a introdução de medidas específicas em eletromobilidade (MINISTERIO DE ENERGIA, 2018).

O programa Rota Energética 2018-2022 ainda define o avanço em ferramentas de comparação de eficiência energética em diferentes modelos de transporte, incluindo veículos leves, médios e pesados. Também há a promessa de incorporação de padrões de eficiência energética nas renovações de frotas, como nos ônibus da Transantiago e ônibus regionais, e na compra de veículos públicos.

Nos últimos três anos, o Chile impôs metas de curto e longo prazo para a eletrificação de veículos particulares e transporte público. Na Estratégia Nacional de Eletromobilidade, o governo estabelece um roteiro contendo as linhas de ação, compromissos e atores envolvidos, de forma a criar as condições necessárias para a promoção deste mercado. O país impõe metas de 100% de eletrificação de frotas de ônibus até 2040 e que até 2050 veículos elétricos particulares correspondam a 40% do parque.

O Chile, atualmente, já desponta como um caso importante no âmbito de eletrificação de frotas de ônibus. O planejamento do governo chileno também estabelece políticas para táxis. O Programa de Renovação de Táxis (Renueva tu Colectivo) estabelece o acesso ao financiamento e renovação de frotas de táxis, inclusive para aquisição de elétricos e veículos híbridos.

No caso de veículos comerciais, algumas iniciativas também começam a surgir no Chile como eletrificação de frota de caminhões de entrega e de companhia de água potável.

Cenário Brasileiro

No Brasil, percebe-se um quadro diferente no que se refere à motivação para introduzir VE no mercado. A resposta do país aos choques do petróleo, ainda nos anos 1970, foi apostar em veículos híbridos, utilizando a rota tecnológica dos biocombustíveis, com destaque para o etanol. No entanto, uma vez que as montadoras automobilísticas instaladas no país são parte de cadeias globais cuja estratégia está se direcionando para a produção de VE, torna-se necessário e estratégico um estudo acerca da mobilidade elétrica no país. O Brasil apresenta uma posição de destaque, por estar entre os dez maiores produtores e consumidores de veículos automobilísticos no mercado mundial (ZAMBONI et al., 2021).

Em 2017, o Governo Federal instituiu o Grupo de Trabalho 7 - Híbridos e Elétricos (GT7), com o objetivo de elaborar um plano nacional para o desenvolvimento da mobilidade elétrica a partir da participação e do diálogo entre setores e instituições. Apesar da pouca articulação ainda entre os agentes, há iniciativas em andamento neste sentido, como a ação da Cooperação Técnica Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, realizada por encargo da GIZ, que desenvolve a iniciativa Profissionais para Energias do Futuro e Plataforma Nacional da Mobilidade Elétrica. A Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica, criada em 2020, é uma organização sem fins lucrativos que “agrega mais de 30 instituições da indústria, poder público, sociedade civil e academia, e foi pensada como um espaço para fomentar o desenvolvimento do setor no país” (BARASSA et al., 2021).

Em 2020, o país apresentou o melhor ano para a eletromobilidade. De acordo com dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2021), as vendas de VE no Brasil bateram recorde no ano, com aumento de 66,5% nos emplacamentos em relação a 2019. Ao todo, foram vendidos/emplacados 19.745 veículos eletrificados. Esse contexto demanda pesquisas e análises para tomadas de decisão como forma de direcionamento de futuras rotas tecnológicas do país.

De acordo com o primeiro relatório do Plano Nacional do Veículo Elétrico (PNME) em 2021, no âmbito das políticas industriais e de inovação, constatou-se uma janela de oportunidade para o desenvolvimento de ações coordenadas para explorar a possibilidade de expansão das competências tecnológicas dentro do setor de ME do país. No que se refere à área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no âmbito da mobilidade elétrica, os projetos realizados por empresas do setor elétrico no programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) têm atraído muita atenção em todo o país. No Programa, as empresas do setor elétrico devem aplicar parte da sua receita operacional líquida em projetos de P&D, observando normas e critérios bem definidos e auditados pela própria ANEEL.

Em abril de 2019, a ANEEL lançou a Chamada Estratégica em Mobilidade Elétrica nº 22, “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente” com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica dessas inovações, criar negócios futuros e acumular conhecimentos e competências locais para o desenvolvimento de produtos e serviços nacionais, formar redes e novos arranjos de produção e propor políticas e inovações regulatórias para a ME. A Chamada recebeu 38 propostas de projetos, com expectativa de investimentos da ordem de 616 milhões de reais. Desse montante 100,1

milhões referem-se à contrapartida de recursos externos ao programa de P&D ANEEL, demonstrando o interesse da iniciativa privada no tema.

As propostas trazem soluções inovadoras para gestão e aumento da eficiência da mobilidade urbana e interurbana. Os projetos incluem a produção de partes e protótipos inteiros de veículos elétricos com tecnologia embarcada nacional, o que trará benefícios à modernização dos setores elétrico e de transportes. O Anexo A apresenta a relação das propostas recebidas.

Em relação à política de financiamento direcionada a ME, o Programa de Eletromobilidade do BNDES iniciado em 2020, apresentou como objetivo, fornecer recursos para o ecossistema inovador dessa nova tecnologia. O plano utiliza o conceito de conteúdo local e requer um conteúdo mínimo para conceder crédito. Os dois principais objetivos do plano constituem-se em financiar o ecossistema da ME, com foco nas montadoras e empresas de componentes interessadas em produzir VE no país, bem como financiar empresas que queiram adquirir os veículos, como frotas corporativas ou de tráfego urbano.

Em geral, as políticas fiscais direcionadas a ME se destacam como uma forma de aumentar a competitividade dessa inovação tecnológica. Diante disso, no Brasil, as Resoluções da Câmara de Comércio Exterior (Camex), de 18 de setembro de 2014, de 27 de outubro de 2015, e de 24 de março de 2016, isentaram ou reduziram a alíquota do Imposto de Importação (II) de VE e híbridos de passeio e de veículos puramente elétricos de transporte de mercadorias. A Camex reduziu o II dos veículos, de acordo com o consumo energético por quilômetro do veículo. No caso de VE e movidos a células combustíveis, incluindo automóveis de transporte de mercadorias de tração puramente elétrica, foi estipulada a redução da alíquota do II de 35% para 0%.

O Rota 2030, plano industrial de longo prazo para a indústria automobilística, estabeleceu ainda a redução de Impostos sobre Produtos Industrializados (IPI), que anteriormente era incidente em 25% e pela regra atual pode chegar a 7% para os veículos mais eficientes. A nível estadual, alguns governos também têm implementado isenção total ou parcial do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), como pode ser observado na Tabela 1.

As políticas de circulação em centros urbanos englobam criação das chamadas zonas de zero emissão e vantagens de circulação para os VE, como isenção de pagamento de estacionamento, preferenciais de circulação em certas faixas, dentre outras medidas. No Brasil, no entanto, estas ainda se apresentam de forma pontual e tímida à nível municipal.

A Tabela 2 apresenta uma síntese das políticas públicas e regulatórias atualmente presentes no Brasil e sua abrangência.

Tabela 1. Estados do Brasil com cobrança diferenciada de IPVA para VE: em 2021.

Isenção Total	Com Desconto	Apresentam projetos em andamento para redução
Alagoas	Ceará (0,5% sobre o valor do veículos)	Bahia
Maranhão	Mato Grosso do Sul (50%)	Espírito Santo
Paraná	Rio de Janeiro (50%)	Distrito Federal
Piauí	São Paulo (50% na capital e nos primeiros cinco anos)	Goiás
Pernambuco		Mato Grosso
Rio Grande do Norte		Pará
Rio Grande do Sul		Rondônia

Fonte: Elaboração própria, a partir de Venditti (2021).

Tabela 2. Situação atual das políticas públicas de incentivo à mobilidade elétrica no Brasil.

Políticas Públicas de Incentivo	Alcance
Programas de P&D para ME	Nacional: Existe em todo o país
Política industrial e grupos de trabalho para ME	
Redução de IPI - Rota 2030	
Isenções ou reduções de IPVA	Existe parcialmente - nível estadual
Políticas de circulação em centros urbanos	Existe parcialmente - nível municipal

Fonte: Elaboração própria.

No Brasil, atualmente, percebe-se uma série de iniciativas de eletrificação de frotas comerciais de empresas privadas. As concessionárias de serviços públicos, como coleta de lixo e distribuidoras de energia elétrica, também constituem um nicho de mercado e, apesar de ainda incipiente, já apresentam algumas iniciativas locais.

Vale ressaltar que no mês de junho de 2021, segundo Pelegi (2021), registrou-se 3.507 emplacamentos, atingindo 2% de participação de mercado

dos eletrificados entre os veículos leves comercializados (comerciais e passageiros). Os dados consideram veículos híbridos elétricos, híbridos elétricos plug-in e veículos totalmente a bateria (BEV). Como ponto de destaque do mês foi que, pela primeira vez, um veículo comercial leve foi o elétrico mais vendido no Brasil - furgão BYD eT3 -, que emplacou 82 unidades.

Dessa forma, é perceptível o aumento gradativo da eletrificação de frotas comerciais no Brasil, o qual apresenta forte potencial de difusão através de políticas referentes à circulação de veículos de baixas emissões e à redução da poluição sonora em centros urbanos. Os incentivos fiscais e mecanismos de financiamento diferenciados também podem impulsionar a ME, assim como o barateamento desta nova tecnologia a partir do desenvolvimento do mercado (GESEL, 2021).

Perspectivas futuras

A descarbonização do setor de transporte rodoviário depende fortemente de baterias baratas e produzidas em massa e de eletricidade limpa e barata. A tecnologia de baterias experimentou um progresso impressionante na última década, com custos caindo em cerca de 90%. Segundo dados do BNEF (2021), o custo das baterias de íon-lítio, normalmente usadas em veículos elétricos, ultrapassou 1.100 dólares/quilowatt-hora (kWh) em 2010, mas caiu para 137 dólares / kWh em 2020. Diante disso, vale ressaltar que a partir do desenvolvimento tecnológico das baterias, dos futuros ganhos de escala com o crescimento do mercado de VE e de uma possível taxaço do carbono, espera-se um aumento da competitividade dos VE frente aos VMCIs.

As empresas podem relutar em realizar a transição para frotas comerciais elétricas até que estejam confiantes em relação ao custo total de propriedade, durabilidade e operacionalização. Dessa forma, é necessária uma maior confiança nas cadeias de abastecimento e redes de serviços suficientes para atender esse novo mercado, assim como divulgação do conhecimento e informações técnicas de iniciativas de eletrificação de frotas. Políticas públicas e regulações de incentivo à mobilidade elétrica também constituem um forte vetor para o avanço da eletrificação de frotas comerciais e construção de um setor de transportes de baixo carbono.

No médio e longo prazo, segundo relatório da IRENA (2021), *World Energy Transitions Outlook*, os veículos elétricos apresentam o potencial de se tornarem fontes de flexibilidade do sistema elétrico. Podendo, assim, facilitar a integração de maiores parcelas de energia renovável, caracterizadas pela intermitência e variabilidade. No entanto, a exploração desse potencial exigirá

políticas proativas de atualização das redes do sistema elétrico, apoiadas por inovações tecnológicas, como tecnologias digitais de monitoramento e controle dos perfis de consumo. As políticas também podem permitir novos atores e modelos de negócios que trazem serviços de flexibilidade.

Referências

ABVE. *2020: o melhor ano da eletromobilidade no Brasil*, 2021. Acesso em: 17 ago. 2021. Disponível em: <http://www.abve.org.br/2020-o-melhor-ano-da-eletromobilidade-no-brasil/>

ACEA. *Electric vehicles: tax benefits & purchase incentives*, 2020. Acesso em: 11 ago. 2021. Disponível em: https://www.acea.auto/files/Electric_vehicles-Tax_benefits_purchase_incentives_European_Union_2020.pdf

ANEEL. *Chamada de P&D da ANEEL atingiu meio bilhão de reais de investimentos em mobilidade elétrica*, 2019. Acesso em: 11 ago. 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/chamada-de-p-d-da-aneel-atinge-meio-bilhao-de-reais-de-investimentos-em-mobilidade-eletrica-eficiente/656877?inheritRedirect=false

BARASSA, E.; CRUZ, R. F.; MORAES, H. B. *1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica*. Brasília: PNME/Deutsche Zusammenarbeit/GIZ/ICS, 2021. Acesso em: 18 mar. 2021. Disponível em: <https://evento.pnme.org.br/1o-anuario-brasileiro-de-mobilidade-eletrica/>

BNEF. *Electric vehicle outlook 2021*, 2021. Acesso em: 12 ago. 2021. Disponível em: <https://about.newenergyfinance.com/electric-vehicle-outlook/>

CAMILLERI, P. *What future for electric light commercial vehicles? A prospective economic and operational analysis of electric vans for business users, with a focus on urban freight*. Doctoral thesis (Doctoral school “ville, transport et territoires”), University of Paris-Est, [S. l.], 2018. Acesso em: 4 jan. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333185036_What_future_for_electric_light_commercial_vehicles_a_prospective_economic_and_operational_analysis_of_electric_vans_for_business_users_with_a_focus_on_urban_freight

EAF0. *General information on Vehicles & Fleet*. European Alternative Fuel Observatory, 2021. Acesso em: 19 de ago. 2021. Disponível em: <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/overview>

ERDINÇ, O.; YETILMEZSOY, K.; ERENOGLU, A. K.; ERDINÇ, O. Route optimization of an electric garbage truck fleet for sustainable environmental and energy management. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], 10 out. 2019. Acesso em: 4 jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619322607>

EUFAL. *Cost Components*, 2020. Acesso em: 4 jan. 2021. Disponível em: <https://www.eufal-project.eu/costs-tco-entry/cost-components>

GESEL. *Observatório de Mobilidade Elétrica*. Grupo de Estudos do Setor Elétrico, n° 0, agosto 2021.

IEA. *Global EV Outlook 2021: Accelerating ambitions despite the pandemic*, 2021. International Energy Agency, França.

IEA *Transport Improving the sustainability of passenger and freight transport*, 2020. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/topics/transport>

IRENA. *Reaching zero with renewables: Eliminating CO₂ emissions from industry and transport in line with the 1.5°C climate goal*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_Reaching_zero_2020.pdf

IRENA. *World Energy Transitions Outlook 2021*, 2021. Acesso em: 12 ago. 2021. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2021.pdf

LEBEAU, P.; MACHARIS, C.; MIERLOJ, V. How to Improve the Total Cost of Ownership of Electric Vehicles: An Analysis of the Light Commercial Vehicle Segment. *World Electric Vehicle Journal*, [s. l.], 13 dez. 2019. Acesso em: 4 jan. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2032-6653/10/4/90>

MALLADI, S. S.; CHRISTENSEN, J. M.; RAMREZ, D.; LARSEN, A.; PACINO, D. *Stochastic Fleet Mix Optimization: Evaluating Electromobility in Urban Logistics*, 2020. Acesso em: 4 jan. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344066862_Stochastic_Fleet_Mix_Optimization_Evaluating_Electromobility_in_Urban_Logistics

MIEM. *Instrumentos para la promoción de la movilidad eléctrica*, 2020. Acesso em: 22 fev. 2021. Disponível em: http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/transporte?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=4483635&_101_type=content&_101_urlTitle=instrumentos-para-la-promocion-de-la-movilidad-electrica&inheritRedirect=true

MIEM. *Movilidad eléctrica en Uruguay*, 2018. Acesso em: 22 fev. 2021. Disponível em: http://www.miem.gub.uy/sites/default/files/movilidad_electrica_01_02_18.pdf

MINISTERIO AMBIENTE. *Informe sobre el Status Quo de la Movilidad Urbana Sostenible en Uruguay*, 2020. Acesso em: 23 fev. 2020. Disponível em: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2020-10/2020%20Status%20Quo%20Movilidad%20Urbana%20Uruguay%20Resumen_0.pdf

MINISTERIO DE ENERGIA. *Ruta Energética 2018-2022*, 2018. Acesso em: 24 fev. 2021. Disponível em: <https://energia.gob.cl/rutaenergetica2018-2022.pdf>

MOVÉS. *El Proyecto*, 2021. Acesso em: 25 fev. 2021. Disponível em: <https://moves.gub.uy/el-proyecto/>

PELEGI, A. *Cresce mercado de veículos elétricos no Brasil; furgão BYD eT3 foi o mais emplacado*, 2021. Acesso em: 17 ago. 2021. Disponível em: <https://diariodotransporte.com>.

br/2021/07/16/crece-mercado-de-veiculos-eletricos-no-brasil-furgao-byd-et3-foi-o-mais-emplacado/

VENDITTI, M. S. *Veículo elétrico pode ser opção para aliviar o bolso do consumidor. O Estado de São Paulo*, 2021. Acesso em: 17 de ago. de 2021. Disponível em: <https://tecnoblog.net/247801/golpe-whatsapp-clonagem-celular-politicos/>

ZAMBONI, L.; LEAL, L. M.; CASTRO, B.; DA COSTA, V. J. B.; BARBOSA, P. *Políticas Públicas e Inovações Regulatórias para Mobilidade Elétrica e a Eletrificação de Frotas Comerciais*, 2021. Disponível em: http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/18_Zamboni_2021_07_27.pdf

ANEXO A

Projetos propostos na Chamada Estratégica em Mobilidade Elétrica nº 22, “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”, de 2019

Laboratório de Mobilidade Elétrica: Eletrificação de Frotas Operativas em Indaiatuba

Desenvolvimento de Soluções para Operação Nacional de Mobilidade Elétrica: Mobilidade Elétrica Centrada no Utilizador

Desenvolvimento de Modelos de Negócios na eletromobilidade: uma proposta a partir de plataformas multimodais integradas

Desenvolvimento de Soluções para Mobilidade Elétrica Compartilhada: Infraestruturas e sistemas de abastecimento para e-carsharing e Micromobilidade

Corredor Verde e Postos de Carregamento Urbano para Avaliação de Desempenho de Veículos Híbridos e Elétricos

Modelo de negócio para comercialização do fornecimento de energia, integrando fontes renováveis para Mobilidade Elétrica com plataforma de gestão de recarga inteligente, eletropostos interoperáveis e cobrança eletrônica direcionada para UC do usuário do VE

Inserção no Mercado de Modelo de Operação Comercial de Rede de Eletropostos

Desenvolvimento e Implantação Comercial de Estações de Recarga de Veículos Elétricos com Soluções para V2H/V2G

Inserção de Veículos Elétricos em Frotas Públicas, através da Conversão de Veículos a Combustão para Tração Elétrica

Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente – Aplicação na Região Centro Oeste

Aplicações Ambientalmente Sustentáveis da Mobilidade Elétrica para a Ilha de Fernando de Noronha

Veículo Elétrico com Cargas Rápidas Regulares (eCaRR) em BRTs: projeto piloto para demonstração e avaliação de tecnologias

Implantação de Sistema para Monitoramento e Gerenciamento de Carga de Veículos Elétricos no Estado de Minas Gerais

Veículo híbrido Plug-in para operação com Etanol, GNV, biometano e gasolina

Desenvolvimento de Sistema Nacional de Recarga Rápida de Bicicletas e Veículos Elétricos para Aplicações V2G (Vehicle to Grid)

Módulo Para Integração De Distribuidora De Energia Elétrica Com Plataformas De Gestão De Energia Pelo Lado Da Demanda Na Mobilidade Elétrica

Posto De Abastecimento Para Mobilidade Elétrica – Posto Do Futuro

Sistema Virtual Bilhetagem e Analítico para Comportamento do Consumidor/ Prosumidor em Relação à Utilização de Estações de Carregamento de Veículos Elétricos

Interface de Inovação Multiagente envolvendo a indústria automobilística, os sistemas de energia e infraestruturas de mobilidade elétrica para eletrovias inteligentes

Soluções de Suporte à Expansão da Infraestrutura de Recarga de Veículos Elétricos: Eletropostos Integrados à Tecnologia Nacional de Baterias (Chumbo-carbono) e Sistemas Fotovoltaicos com Reutilização de Baterias de Lítio (Second Life)

Eletromobilidade e Recursos Energéticos Distribuídos: Plataforma Para Ambientes Urbanos Inteligentes e Modelos De Negócios Viabilizadores

Análise da vida remanescente de baterias de veículos elétricos em second life e desenvolvimento de cabeça de série de potenciais aplicações em soluções de armazenamento de energia

Sistema de eficiência inteligente para monitoramento de qualidade de energia gerada e armazenada, impacto regulatório e financeiro na implantação de mobilidade elétrica

MagLev-Cobra: Sistema para transporte urbano por levitação magnética com supercondutores

E-Lounge – Uma solução para o reabastecimento de veículos elétricos de frotas no Brasil

Desenvolvimento de Caminhão Elétrico para Manutenção de Redes de Distribuição de Energia

Implementação de Usina Virtual integrada com Estação Bidirecional V2G para Recarga Rápida de Veículos Elétricos

Desenvolvimento de infraestruturas dinâmicas para recarga de baterias de veículos elétricos, abastecidas com 100% de energia solar e integradas à operação da rede elétrica

Introdução de Tecnologia de Veículo Elétrico no Transporte Público por Ônibus: Soluções Econômicas, Regulatórias e de Modelo de Negócio

Metodologia de Avaliação de Impactos Econômicos e Ambientais da Difusão de Veículos Elétricos no Brasil - Universidade Federal Fluminense

Desenvolvimento e Implantação Piloto de um Modelo Técnico e de Negócios de Infraestrutura de Recarga para Frotas de Ônibus Elétricos

Recarga de veículos elétricos pesados em horário de pico com energia solar fotovoltaica e baterias estacionárias recicladas de íons de lítio de segunda-vida

Sistema Inteligente de Gestão Eficiente de Mobilidade Elétrica Multimodal

Viabilizando mobilidade elétrica no Brasil: identificação de modelos de negócios vencedores e desenvolvimento de plataforma digital conectando consumidores e geradores/distribuidores

Programa Estratégico de Mobilidade Elétrica da Petrobrás, com implementação operação de sharing de veículos elétricos, plataforma de serviços de recarga, modelo de negócios, infraestruturas laboratoriais e cabeça de série de soluções para recarga de veículos elétricos

Rota Elétrica Mercosul - Suporte ao Desenvolvimento e Gerenciamento para Mobilidade Inteligente

Conexão sustentável de mobilidade elétrica inter-UHE's: Prova de conceito de modelo de negócios para comercialização de energia em eletroposto

Plataforma de Comercialização Aberta P2P para inserção de fontes renováveis na mobilidade elétrica

Desenvolvimento de veículos de passeio elétrico à bateria com módulo para extensão de autonomia a partir do uso de etanol com um pequeno motor flex

Fonte: Elaboração própria, a partir da ANEEL, 2021.

Impacto das políticas de mobilidade sustentável na Área Metropolitana do Vale do Aburrá, na Colômbia, mediante dinâmica de sistemas

*Carlos A. Álvarez
Isaac Dyner*

Introdução

De acordo com as metas e objetivos pactuados na Conferência das Partes (COP) e no âmbito da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, aprovada pela Assembleia Geral das Nações Unidas e nos dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais se baseiam nos êxitos dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (NAÇÕES UNIDAS, 2020), foi estabelecido que o setor de transporte é um dos seis setores prioritários da economia nos quais se deve intervir, a fim de assegurar o cumprimento destes compromissos, dado que contava com uma participação porcentual de 41% com relação ao total dos setores no consumo final de energia em 2019 (UPME, 2019a).

Na Colômbia, o consumo final de energia do país no ano de 2019 foi de 1.346 PJ (Peta Joules), sendo o setor de transporte o de maior participação, com 41% (550 PJ), seguido pelo setor industrial com 24% (325 PJ), o setor residencial com 19 % (258 PJ), o setor comercial e público com 6% (80 PJ) e outros setores com 10% (133 PJ) (UPME, 2019a). As emissões por setor representam, para os usos do solo e mudança de usos do solo, 36,5% do total, o setor agropecuário contribui com 18%, ao passo que o setor de transporte representa 12%, as indústrias de energia 10%, as indústrias manufatureiras e da construção 6%, resíduos (6%), processos industriais e uso de produtos (4,5%), emissões não controladas (3,5%) e outros (3%); de um total de 236,9 Mt de CO₂e (IDEAM, 2015).

Em particular, na Área Metropolitana do Vale do Aburrá (AMVA), a distribuição de emissões de CO₂ associadas à mobilidade é muito importante.

No ano de 2018, os automóveis particulares contribuíram com 33% dessas emissões, correspondentes a 1.039.677 toneladas (T CO₂), enquanto os caminhões foram responsáveis por 21% (661.207 T CO₂) e as motocicletas de 4T por 13% (413.573 T CO₂); por sua vez, os táxis e os ônibus contribuíram com 6% (187.664 T CO₂) e 5% (144320 T CO₂), respectivamente (UNIVERSIDADE PONTIFÍCIA BOLIVARIANA, 2018) (ver Gráfico 1).

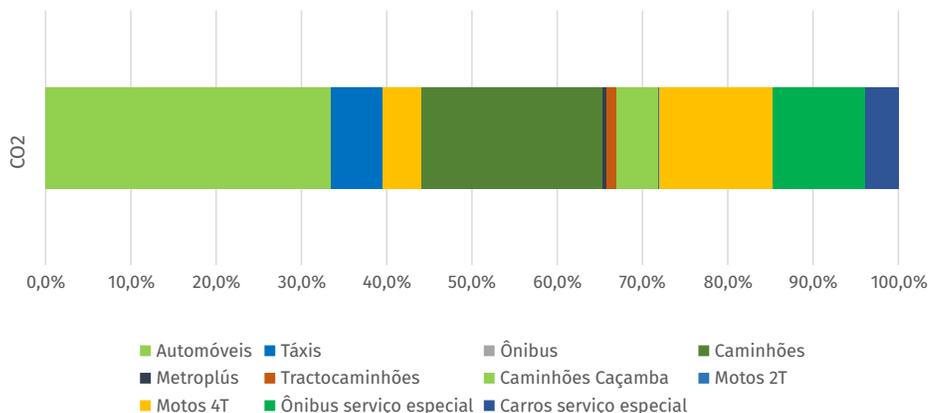


Gráfico 1. Distribuição percentual de emissões de CO₂ de fontes móveis no AMVA.

Fonte: Universidade Pontifícia Bolivariana, 2018.

Adicionalmente, em nível mundial, vêm se apresentando grandes problemas globais em razão da instabilidade no preço dos combustíveis fósseis, o crescimento da demanda de energéticos nos países em desenvolvimento, os problemas de variabilidade climática e a insegurança energética (IEA, 2020). A Colômbia não permaneceu alheia a isso e desde já se podem ver mudanças para o futuro associadas com a necessidade não só de abastecimento, mas também de utilização de uma energia menos poluente, garantindo o mesmo de modo mais eficiente e buscando maneiras de que ele seja de baixo custo, impactando diretamente o comportamento da demanda de energéticos.

Existe um grande interesse em adaptar-se às mudanças que vêm ocorrendo na demanda de energéticos no setor de transporte, o qual tem incorporado, com maior intensidade, tecnologias mais eficientes no consumo de energia e que geram menos impactos no meio ambiente.

É por isso que se torna extremamente importante para a Colômbia conhecer e analisar a evolução das principais tecnologias nos setores energéticos mais importantes, com o intuito de definir e promover a incorporação das novas tecnologias eficientes e menos poluentes.

Por conseguinte, torna-se necessário planejar o desenvolvimento do setor de transporte nos níveis tecnológico, de infraestrutura e institucional, definindo-se metas, objetivos e estratégias que permitam orientar as decisões em prol do uso de meios de transporte sustentáveis, levando-se em consideração as necessidades da população. Portanto, para se chegar a um sistema de transporte eficiente, devem-se levar em conta as motivações na escolha do meio de deslocamento, incluindo preço, confiabilidade, qualidade, tempos de viagem e conforto (CHOWDHURY et al., 2015) (OLFINDO, 2021).

O transporte influencia indiretamente a satisfação com a vida ao facilitar o acesso aos elementos mais fundamentais da mesma (emprego, relações, saúde, ocio) (DELBOSC, 2012). Por essa razão, as decisões políticas contribuem para a redução de barreiras à mobilidade, melhorando assim o conforto e a satisfação dos usuários (CHATMAN, 2008).

Nessa busca, devem-se considerar aspectos relacionados ao efeito que as políticas públicas possam vir a ter sobre como se dá a tomada de decisões por parte dos indivíduos com relação ao uso dos transportes e, além disso, as transferências que os mesmos efetuam em suas viagens (CHOWDHURY e CEDER, 2016). Em Collins e Chambers (2005) e Minal e Chalumuri (2016) torna-se evidente que, para conseguir uma mudança no meio de transporte, as estratégias de política pública devem estar centradas nas noções ambientais e de confiabilidade no acesso aos sistemas públicos, ao passo que Urbanek (2021) destaca que fatores econômicos – tais como os preços do combustível ou as tarifas de transporte público – não são eficazes para alterar os comportamentos modais. Neste sentido, este capítulo considera estratégias focadas na melhoria da qualidade do transporte público e as restrições ou impostos sobre o uso de automóveis privados.

Para Sivasubramaniyam et al. (2020), as normas sociais condicionam o uso de automóveis particulares, enquanto, os condicionantes para caminhar ou viajar de bicicleta são a facilidade, a proximidade e a qualidade do meio. Por sua vez, Jang e Ko (2019) e Calfee e Winston (1998) indicam que as características socio-demográficas, características de viagem, comportamentos e atitudes individuais, características relacionadas com o trabalho e a qualidade percebida são elementos levados em consideração pelos usuários no momento de decidir o meio de transporte que vão usar, da mesma maneira que fatores como o nível de renda e de educação dos indivíduos.

É por essa razão que o ambiente no qual se desenvolvem os indivíduos se torna relevante na tomada de decisões acerca da forma de realizar suas

viagens, e isso é contemplado nas políticas de desenvolvimento das cidades e de transporte sustentável (WONG et al., 2021).

Assim sendo, nesta pesquisa adota-se o enfoque fornecido pela aproximação de dinâmica de sistemas, pois facilita a análise dos problemas enfrentados atualmente pelo setor de transporte, uma vez que permite incorporar variáveis socioeconômicas, ambientais, tecnológicas e do entorno do indivíduo. Desta maneira, facilita-se a avaliação de políticas alternativas para o transporte, a partir de uma perspectiva holística. Este capítulo apresenta um modelo de dinâmica de sistemas para apoiar a tomada de decisões de políticas voltadas para o transporte sustentável, adotando-se como caso de estudo a região do Vale do Aburrá, AMVA, localizada no Departamento de Antioquia.

Desafios do sistema de transportes do AMVA

O Plano de Desenvolvimento de Medellín de 2020 – 2023 propõe uma série de desafios para alcançar o que se convencionou chamar de “Eco-Cidade”; esses desafios advêm da resposta às mudanças climáticas e os desafios ambientais enfrentados por essa região atualmente (ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2020).

Além disso, o Plano de Desenvolvimento assinala que a meta de alcançar uma “Eco-Cidade” requer o desenvolvimento de uma mobilidade sustentável e inteligente, gerando equilíbrios socioambientais, culturais e econômicos. Na atualidade, a cidade conta com o Sistema Integrado de Transporte do Vale do Aburrá (SITVA), que permite a mobilidade de 14% das viagens realizadas pelos moradores do Vale do Aburrá (ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2020). Este SITVA é composto do sistema Metro, de teleféricos (chamados “metroables”), bondes, Metroplus, ônibus alimentadores e rotas integradas (MOLINA MONTENEGRO, 2019). A Figura 1 ilustra o Sistema Integrado de Transporte do Vale do Aburrá (SITVA)

Adicionalmente, a cidade conta com um sistema de Transporte Público Coletivo de Passageiros (TPC), formado pelas rotas que transitam por dois ou mais municípios no interior da Área Metropolitana do Vale do Aburrá (AMVA). A sua operação é realizada por diversas empresas de transporte (AMVA, 2020).

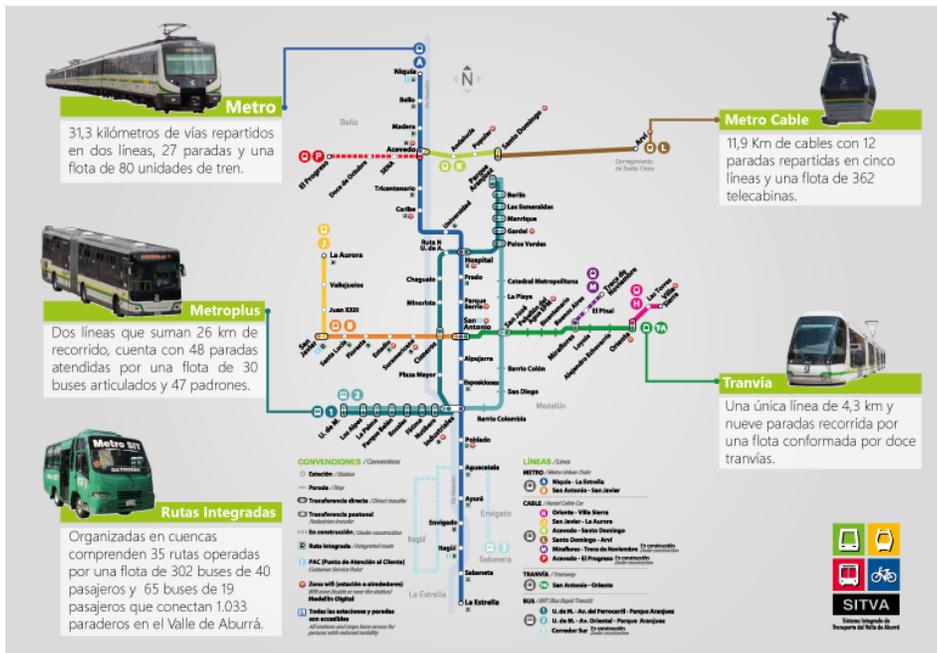


Figura 1. Sistema Integrado de Transporte do Vale do Aburrá (SITVA).

Fonte: Área Metropolitana do Valle do Aburrá, 2020 (<https://www.metropol.gov.co/movilidad/Paginas/transporte-publico/sitva.aspx>)

A cidade enfrenta desafios importantes para alcançar um transporte sustentável:

- Planejamento e desenvolvimento urbano desarticulado
- Gestão ineficiente do transporte público coletivo
- Falta de atualização tecnológica das frotas de transporte público
- Falta de integração tarifária e de arrecadação do SITVA com o transporte público coletivo
- Aumento do número de veículos a combustão e do uso de automóveis particulares
- Capacidade limitada para executar infraestrutura viária e de transporte
- Vulnerabilidade de pedestres, ciclistas e motociclistas diante da falta de segurança viária

Além disso, no período de 2004 a 2019, observou-se um aumento na mobilidade a partir do uso particular de automóveis e motocicletas, de 19% e 144% respectivamente, em detrimento do transporte público, que diminuiu

9%. Isso teve um impacto direto na qualidade do ar, já que aproximadamente 98% dos veículos que operam na cidade, operam com combustíveis poluentes, o que gera uma contribuição anual de 900 toneladas de material particulado 2,5 (PM2,5) no ar (ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2020).

Em especial, os registros coletados pela rede de monitoramento da qualidade do ar no AMVA evidenciam uma séria problemática associada ao PM2,5, que está relacionado principalmente com os veículos de transporte de carga e de passageiros. Nesta região, o PM2,5 vem apresentando valores superiores ao indicado pela norma colombiana (Resolução 610 de 24 de março de 2010), a qual estabelece uma concentração diária de 50 µg/m³; ou seja, duas vezes maior que o valor indicado pela OMS. O concentrações de PM2,5 no AMVA superam as referências estabelecidas pela OMS e expõem a população tanto a efeitos agudos como crônicos (MARTINEZ ANGEL, 2018).

Políticas alternativas de transporte sustentável

Para dar resposta a esses desafios que surgem no planejamento dos transportes, é importante que sejam concebidas políticas públicas alternativas que permitam fazer com que os usuários tomem decisões voltadas para a mobilidade sustentável. Assim sendo, a seguir serão apresentadas diversas políticas em diferentes partes do mundo em busca de um transporte sustentável.

Em Diao (2019) são apresentadas as ações adotadas por Singapura, a qual – apesar das limitações de terras e recursos e da pressão pela motorização devido ao rápido crescimento demográfico e econômico – conseguiu equilibrar as necessidades para satisfazer a crescente demanda por viagens e reduzir os efeitos negativos a ela associados. O modelo de Singapura para o transporte sustentável se baseia em três pilares: 1) restringir a mobilidade motorizada privada; 2) promover o transporte público; e 3) planejamento integrado do transporte e do uso da terra. Como resultado, por um lado, conseguiu-se estabilizar o índice de propriedade de automóveis e diminuir o uso destes e, por outro, fortaleceu-se o papel do tráfego ferroviário, o que contribuiu para a redução das emissões de carbono e da poluição veicular. Isso foi alcançado através de altos impostos e tarifas dos veículos que não apenas reduzem a dependência do automóvel, mas também geram uma quantidade significativa de receitas para o governo, as quais podem ser utilizadas para subsidiar o transporte público com o intuito de proporcionar serviços suficientes, de qualidade e acessíveis para satisfazer as necessidades de mobilidade das pessoas.

Por sua vez, Thaller et al., (2021) demonstram que, para que haja um impacto verdadeiramente disruptivo, devem ser concebidas políticas que guardem um equilíbrio entre serem altamente eficazes e serem socialmente aceitáveis. Portanto, o uso de um enfoque em prol da sensibilização da sociedade a fim de aumentar a compreensão e o apoio às medidas, se torna essencial para a adoção de tais políticas.

Em termos de redução de emissões, Hasan et al., (2020) e Canitez (2020) consideram que uma das políticas que representa maior impacto na redução de emissões é a eliminação da importação de automóveis de gasolina e diesel na Nova Zelândia até 2030, articulada com políticas de economias verdes, que permitam diminuir o índice de propriedade individual de veículos.

Alinhada com a meta de redução de emissões, foi proposta a utilização de uma atitude pró-ambiental como fator para orientar a compra de veículos elétricos. Por exemplo, em cidades com uma boa oferta de transporte público, as medidas de política podem ser orientadas para a aquisição de veículos elétricos e seu uso compartilhado (PUCCI, 2021).

Além disso, se o objetivo é ter um efeito considerável sobre a transição em prol da mobilidade elétrica, Held e Gerrits (2019) argumentam que, junto com a implantação de infraestrutura de recarga, tanto privada quanto pública, devem ser aplicadas políticas que desestimulem o uso de automóveis convencionais. Para tal, devem ser consideradas políticas fiscais como incentivos não financeiros, incluindo: financiamento para a compra, dedução ou isenção de impostos, subsídios à eletricidade, estacionamento gratuito, estacionamento privilegiado, recarga grátis, acesso a faixas prioritárias, introdução de zonas de baixas emissões, tarifas altas de estacionamento para convencionais e impostos de congestionamento.

Modelo de dinâmica de sistemas para políticas de transporte sustentável

A dinâmica de sistemas (DS) é proposta como uma aproximação de simulação multidisciplinar que se emprega para compreender a relação existente entre variáveis que compõem um sistema complexo, como é o caso dos transportes (SHEPHERD, 2014). Particularmente, ela foi utilizada com o enfoque de avaliação de políticas e do comportamento num horizonte de tempo dado, analisando-se aspectos sociais, econômicos, técnicos e ambientais. Esta metodologia é ideal para se analisarem os efeitos de longo prazo dos mercados energéticos (CASTANEDA et al., 2020).

A modelagem através da dinâmica de sistemas foi utilizada amplamente na avaliação de políticas associadas aos mercados de energia, os quais se caracterizam por serem altamente dinâmicos, envolvem investimentos que geram atrasos e são não lineares, o que contribui para a compreensão de variáveis diante de diferentes políticas no curto, médio e longo prazo (ZAPATA et al., 2018). Em Zapata et al. (2019), a DS permitiu avaliar prováveis benefícios e efeitos das energias renováveis em comparação com os sistemas tradicionais, analisando as emissões de CO₂ e os preços da eletricidade, além de avaliar sob que condições as energias renováveis permitem incrementar a segurança e a confiabilidade do sistema elétrico perante diferentes cenários.

Da mesma maneira, foi demonstrado que a modelagem por meio da dinâmica de sistemas possibilita avaliar os processos de tomada de decisões dos consumidores diante da adoção de diferentes tecnologias, como mostram Cardenas et al., (2017). Este capítulo permite compreender como as políticas voltadas ao incentivo da energia solar fotovoltaica promovem por sua vez a eficiência energética e a conservação da eletricidade. Outra das aplicações do setor energético onde se avalia a aplicação de diferentes políticas mediante a dinâmica de sistemas foi a dos biocombustíveis, onde Franco et al., (2015) mostram os benefícios potenciais da sustentabilidade dos biocombustíveis quando se liberaliza um mercado que se encontrava regulado. Em particular, associado aos sistemas de transporte, fez-se necessário avaliar opções futuras, e isso, em muitos casos, requer modelagem. Neste sentido, a dinâmica de sistemas (DS) é uma aproximação que permite modelar os sistemas de transporte e pode contribuir para resolver problemas em toda a cadeia de valor (ABBAS, 1990).

Em Strulak-Wójcikiewicz e Lemke (2019), demonstra-se a diversidade dos temas de transporte em dimensões como a social, econômica e ambiental e suas relações, mostrando que a DS se adapta bem aos desafios de vários problemas analíticos. Essas diferentes dimensões evidenciam a necessidade de desenvolver modelos de transporte que sejam capazes de mostrar as consequências de um amplo espectro de políticas, contribuindo deste modo para a tomada de decisões com o intuito de assegurar um transporte sustentável (ABBAS e BELL, 1994).

Em nível mundial, o interesse em compreender as dinâmicas nos sistemas de transporte, fez com que diversos autores em seus trabalhos propusessem modelos alternativos de comportamento, a partir de diversas perspectivas, com vistas a analisar o impacto das políticas de mobilidade no transporte urbano.

Muro-Rodríguez et al. (2017) desenvolveram um modelo de demanda desagregada ou de seleção discreta para determinar a capacidade de se prever

como os usuários escolhem o meio de transporte dependendo de fatores como preço, tempo de viagem, qualidade, conexões intermodais, entre outras. Foram enfocadas políticas centradas na substituição do transporte privado, tempos de viagem mais curtos, visibilidade da oferta, gestão integrada da reserva e cartões de embarque, gestão de programas de fidelidade, assim como a facilidade de conexão intermodal, o que contribuiu para a redução do congestionamento nos acessos à cidade de Madrid.

Wangness et al. (2020) também apresentam um modelo baseado na teoria da seleção, com o intuito de estudar como os agentes demandam viagens em automóvel ou transporte público, em horas de pico ou não na área metropolitana de Oslo. Esta análise permitiu analisar o estabelecimento de políticas tarifárias e pedágios para se alcançar um equilíbrio ótimo entre o uso do transporte público e do automóvel particular.

Por sua vez, Haghshenas et al. (2015) propõem um modelo de DS levando em consideração quatro dimensões: a geração de viagens, a participação modal, a oferta de transporte e o equilíbrio entre oferta e demanda. O modelo foi aplicado para avaliar a política de transportes em Esfahan, no Irã, e descobriu-se que as melhores práticas voltadas para um transporte sustentável se encontravam associadas ao aprimoramento da infraestrutura para bicicletas, ao uso de veículos de zero e baixas emissões e à limitação do uso de transporte privado.

Nesse mesmo sentido, Wang et al. (2008) estabelecem um modelo que compreende elementos como a população, o desenvolvimento econômico, o número de veículos, a influência ambiental, a demanda de viagens, a oferta de transporte e o congestionamento do tráfego, tomando como caso de estudo a cidade de Dalian na China. Da análise dos resultados obtidos nesse modelo, descobriu-se que políticas voltadas para a restrição da propriedade e uso de automóveis privados fazem com que os usuários se direcionem para o uso do transporte público, o qual se traduz numa redução tanto do congestionamento quanto das emissões de gases de efeito estufa, bem como no desenvolvimento urbano.

Com o intuito de avaliar o desempenho da poluição ambiental, Vafa-Arani et al. (2014) apresentam um modelo de dinâmica de sistemas, no qual são avaliadas políticas como a construção de rodovias, o aprimoramento tecnológico da indústria de combustíveis e automotriz, os planos de controle do tráfego e o desenvolvimento de infraestrutura de transporte público, tomando como base a cidade de Teerã, no Irã. Os resultados mostraram que a melhoria tecnológica da indústria de combustíveis e automotriz e o desenvolvimento de infraestrutura de transporte público foram as políticas que tiveram um efeito mais notável e de longo prazo sobre a poluição atmosférica.

Utilizando um enfoque para avaliar o mesmo impacto, Wen e Bai (2017) avaliam políticas associadas ao tráfego urbano, população, economia e consumo de energia e emissões de carbono na cidade de Beijing, na China. Como resultado da simulação do modelo de DS, descobriu-se que as políticas voltadas para a melhoria do rendimento dos veículos e da qualidade dos combustíveis, juntamente com as restrições a veículos de combustão interna e o fomento de veículos elétricos, são as que permitem obter melhores resultados no tocante à diminuição da poluição ambiental.

Levando em conta o mesmo objetivo examinado no trabalho anterior, Maggi e Vallino (2020) argumentam que devem ser estabelecidas políticas voltadas ao uso de ao menos 80% de veículos elétricos nos sistemas de transporte e aumentar a atratividade em prol de um transporte público por intermédio da melhoria da qualidade, juntamente com cobertura, preço e oportunidade a fim de poder contribuir para a redução direta das emissões poluentes em nível urbano.

A modelagem por meio da dinâmica de sistemas também foi utilizada para avaliar a maneira pela qual as tendências tecnológicas podem afetar o desempenho dos sistemas de transporte, e foi assim que Sayyadi e Awasthi (2017) apresentaram um modelo de avaliação do impacto de políticas de transporte sustentável. Como resultado, chegou-se a uma conclusão favorável a uma política voltada para a realização de viagens compartilhadas, as quais efetivamente melhoram os índices de congestionamento nas cidades, diminuindo ademais a propriedade e o uso de veículos privados, o consumo de combustível e as emissões de poluição ambiental.

Adicionalmente, Melkonyan et al. (2020) avaliam, mediante um modelo de DS, o impacto de tendências como a dinâmica da população (taxas de urbanização e mudanças demográficas), a digitalização e sua aplicação à mobilidade, a inovação aberta e a mudança climática. Como recomendação desse trabalho, eles propõem que, para efetuar a transição rumo a uma mobilidade urbana sustentável, deveriam ser propostas políticas orientadas à eletrificação do transporte e a investimentos em infraestrutura pública, ao mesmo tempo em que se aumenta sua atratividade com o uso de tecnologias modernas de digitalização.

Modelo de dinâmica de sistemas proposto para o AMVA

O modelo apresentado a seguir, analisa a relação existente entre diferentes variáveis do sistema de transporte da Área Metropolitana do Vale do Aburá – AMVA. O modelo inclui elementos tais como: população, demanda de

aumento do custo das viagens particulares, por meio de impostos ou restrições à sua mobilidade; da mesma forma, pretende-se melhorar os tempos de viagens do transporte público e de massa, gerando zonas de restrição para veículos particulares, definindo faixas exclusivas para o transporte público e melhorando a qualidade do serviço deste. Por outro lado, se estabelece uma política de Eco-Cidade, na qual se tem como objetivo um sistema de transporte eletrificado e um sistema integrado de transporte que seja o meio principal de uso no AMVA, em linha com o proposto no Plano de Desenvolvimento Medellín Futuro 2020 – 2023 (ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2020).

Todas essas medidas de política pública permitirão avaliar as emissões poluentes originadas na zona urbana do AMVA e o consumo das diversas fontes de energia, de tal modo que decisões possam ser tomadas para se chegar a uma mobilidade sustentável e inteligente.

Adicionalmente, a política de Eco-Cidade permite estabelecer um limite na capacidade de carga populacional, de tal maneira que se tenha como objetivo o desenvolvimento de uma cidade mais amigável ao meio ambiente e em equilíbrio com os recursos disponíveis (GAO et al., 2021).

O modelo de dinâmica de sistemas proposto foi implementado na plataforma iThink, a qual permite analisar a inter-relação de variáveis de sistemas complexos, simulando cenários e avaliando os impactos que possam ter as políticas propostas sobre o sistema em questão.

Como foi proposto anteriormente, o propósito do modelo é avaliar o impacto de políticas sustentáveis sobre o sistema de transporte do AMVA, avaliando seu impacto nas emissões poluentes e no consumo de energéticos.

A Figura 3 mostra o diagrama de estoques e fluxos (do inglês “stocks and flows”) simplificado para o modelo de transporte do AMVA. As entradas e saídas dos níveis, população e viagens em transporte eletrificado são modeladas levando-se em consideração o crescimento e decréscimo da população e o crescimento do transporte elétrico; o qual, por sua vez, influencia na demanda de viagens, na participação modal das viagens e pelas políticas orientadas a melhorar a atratividade em prol do transporte público e a eletrificação da frota de veículos. Por exemplo, uma política restritiva e de altos impostos sobre o transporte individual faria com que a participação do meio de transporte público e de massa fosse incrementada em detrimento do transporte individual; e uma política orientada para o transporte elétrico teria um impacto no número de veículos de emissão zero, que circulam na cidade e, portanto, no consumo de energéticos e nas emissões poluentes.

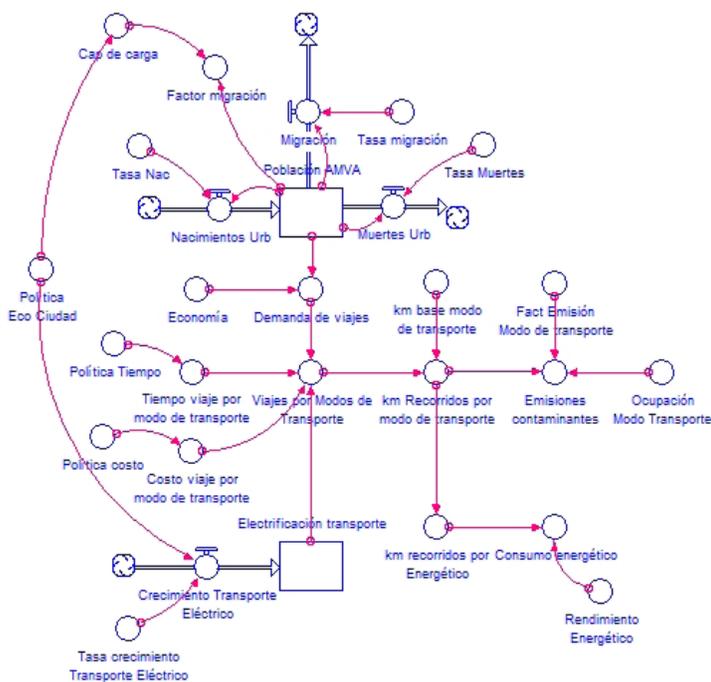


Figura 3. Diagrama de estoques e fluxos para o sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

Na modelagem da população, o equilíbrio entre o número de nascimentos, a capacidade de carga, o número de migrantes e o número de mortes determina o stock da população. A população, a taxa média de viagens e a economia (PIB) determinam o número total de viagens. O aumento no número de viagens resulta num aumento no número de viagens nos diferentes meios de transporte e, conseqüentemente, aumenta o número de viagens por veículo e o número de quilômetros que cada veículo percorre.

Para a modelagem das emissões poluentes de CO₂ na atmosfera, estas são resultados dos quilômetros percorridos por cada veículo, o fator de emissão dos diferentes meios de transporte e o fator de ocupação de cada modal. As emissões aumentam à medida que aumentam os quilômetros percorridos; no entanto, elas tendem a diminuir com a política de eletrificação do transporte e a preferência por meios de transporte público, pela bicicleta e por caminhadas.

O consumo energético é determinado através dos quilômetros percorridos por cada meio de transporte e o rendimento de cada energético utilizado.

A política de Eco-Cidade e a preferência pelo transporte público ocasionarão mudanças no consumo de energéticos, favorecendo-se a eletricidade em detrimento dos combustíveis líquidos.

Modelagem matemática

É importante levar em conta que o AMVA é composto por 10 municípios do Departamento de Antioquia, numa extensão aproximada de 1.156 km² e uma população em 2017 de 3.726.219 habitantes (Departamento Nacional de Estatísticas. DANE, 2019), os quais realizam cerca de 6.131.727 viagens diárias (ÁREA METROPOLITANA DO VALE DO ABURRÁ, 2017).

Como variável de stock, a população é obtida a partir da população de um período anterior mais o crescimento da população.

$$\text{População} = \text{crescimento populacional} + \text{população}(t_0)$$

$$\text{Crescimento da população} = \text{População} * \text{Taxa de crescimento}$$

Para determinar o número de viagens realizadas no AMVA, se utilizou a relação entre a população e o número de viagens que cada pessoa efetua por dia. As viagens realizadas por uma pessoa por dia são influenciadas pelo número de viagens que uma pessoa realiza por dia base (1,56) (ÁREA METROPOLITANA DO VALE DO ABURRÁ, 2017) e pelo crescimento econômico (PIB per capita).

$$\text{Viagens AMVA dia} = \text{População} * \text{viagens pessoa dia}$$

$$\text{Viagens pessoa dia} = \text{Viagens pessoa base} * \text{crescimento econômico}$$

Por sua vez, as viagens realizadas no AMVA dia são afetadas pela porcentagem de participação dos diferentes meios de transporte, os quais variam no tempo de acordo com as projeções UPME (UPME, 2016) e para a linha de base têm-se as participações na realização de viagens de: caminhada (27%), transporte público (19%), metrô (14%), automóvel (13%), motocicleta (12%), táxi (6%), metroplus (1%) e bicicleta (1%) (ÁREA METROPOLITANA DO VALE DO ABURRÁ, 2017).

$$\text{Viagens por meio de trans} = \text{Viagens AMVA dia} * \% \text{ Part meio transp}$$

Para a determinação da influência da política orientada para o custo e o tempo sobre a participação modal, utiliza-se a seguinte equação:

$$P_{\text{infinf_pol}_i} = P_{\text{modo trans}_i} * \frac{\text{Var_pol}_{\text{to}_i}^{\delta}}{\text{Var_pol}_{\text{fut}_i}}$$

Onde:

$P_{\text{modo trans}_i}$: é a porcentagem de participação inicial do meio de transporte

$\text{Var_pol}_{\text{to}_i}$: é o valor da variável de linha base

$\text{Var_pol}_{\text{fut}_i}$: é o valor futuro (esperado) da variável

δ : é um componente aleatório que captura a incerteza e dá conta dos fatores não observados no intervalo de ações entre 0 e 1.

$$0 < P_{\text{inf_pol}_i} < 1 \text{ onde todo } i, j \in N \{P_j = 1 - \sum_1^N P_i\}$$

No qual P_i é a porcentagem de participação inicial do meio de transporte e P_j é a porcentagem de participação normalizada com relação aos outros meios de transporte (SAYYADI; AWASTHI, 2017).

Para este caso, foram tomados os dados de referência que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Valores iniciais de política de custo e tempo.

Meio de Transporte	Custo/viagem (COP)	Tempo/viagem (Min)
Metrô	2.355	60
Transporte Público	2.300	47
Táxi	15.587	30
Metroplus	2.355	50
Automóvel	5.966	35
Motocicleta	2.856	32
Bicicleta	61	31
Caminhada	0	30

Para o cálculo dos custos de viagens de táxi, automóvel, motocicleta e bicicleta, foram consideradas as distâncias médias de viagem:

Táxi: 8,5 km/viagem; Automóvel: 9,4 km/viagem; Motocicleta: 6,1 km/viagem; Bicicleta: 5,1 km/viagem.

Fonte: Metro de Medellín, 2020 e Área Metropolitana do Vale do Aburrá, 2017.

Além disso, e para determinar a influência da política pública de Eco-Cidade orientada para a eletrificação do transporte e a uma cidade em equilíbrio entre sua população e seus recursos disponíveis, levou-se em consideração a taxa de crescimento de veículos elétricos por um fator de política pública pela participação atual.

$$\text{Veh EE Meio Trans} = \text{Taxa cresc EE} * \text{Pol Púb} * \text{Part inicial meio transp}$$

Para definir as taxas de crescimento dos veículos elétricos e a participação inicial dos mesmos, foram considerados os cenários propostos no estudo UPME, realizado por Usaene e Sumatoria em 2019 (UPME, 2019).

O modelo de cálculo das emissões poluentes ao meio ambiente se encontra diretamente relacionado com o fator de emissão por meio de transporte, os quilômetros percorridos de cada meio de transporte e a ocupação.

$$\text{Ton CO}_2 = (\text{Fator emissão meio trans} / \text{ocupação}) * \text{km percorridos}$$

Os fatores de emissões foram tomados do “International Vehicle Emissions Model” (IVE), o qual possui fatores de emissão para cerca de 450 tecnologias veiculares classificadas de acordo com a tipologia veicular, a fonte de energia e o peso, entre outros (CENTER FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND TECHNOLOGY, 2021).

Finalmente, o cálculo do consumo energético associado a cada meio de transporte foi efetuado mediante o produto entre os quilômetros percorridos por cada meio de transporte distribuído por energético e o rendimento de cada energético para o tipo de transporte utilizado.

$$\text{Consumo energético} = \text{km percorridos} * \text{rendimento energético}$$

O rendimento energético dos diferentes energéticos foi tomado de (UPME, 2019) e de (UPME, 2016).

Validação do modelo

Com vistas à validação do modelo, foram comparados os resultados com a informação histórica estimada pela UPME, a partir da enquete de qualidade de vida 2015 relatada pelo DANE.

A seguir, nos seguintes gráficos (2, 3 e 4), são apresentados os resultados entre o estimado e o simulado pelo modelo.

Pode-se observar que o modelo é capaz de reproduzir o comportamento da população, a demanda de viagens e o consumo de gasolina pelo setor de transporte no horizonte de tempo 2012 – 2019.

Até 2015, o modelo estima uma população de 3.813.830 frente a um histórico de 3.855.096, ou seja, com uma diferença de 1%. No caso da demanda de viagens, tem-se no ano de 2015 uma quantidade de viagens diárias de 5.841.632 para o modelo, em comparação com 6.402.872 viagens do histórico projetado pela UPME, notando-se uma diferença aproximada de 10%.

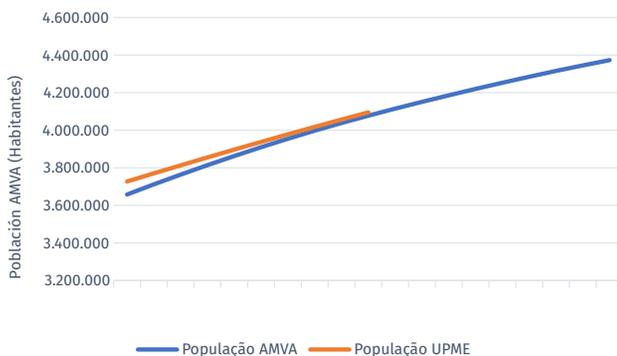


Gráfico 2. Validação População do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

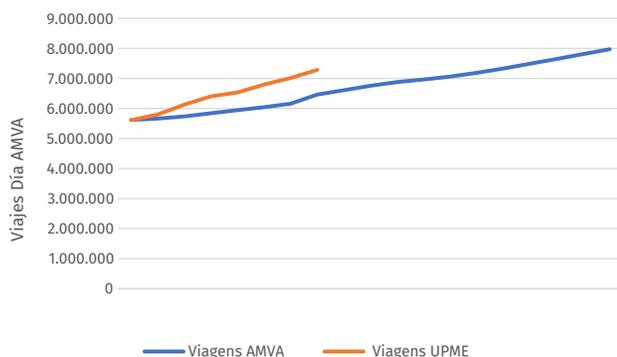


Gráfico 3. Validação Viagens Dia do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

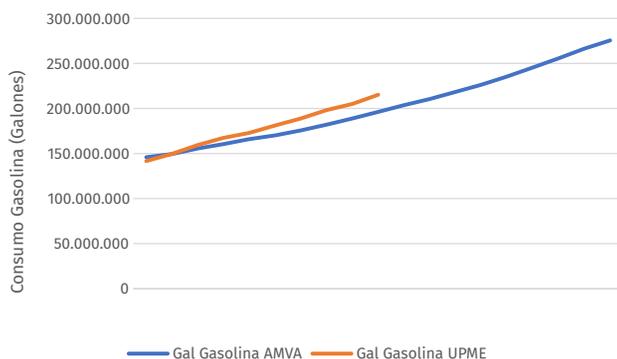


Gráfico 4. Validação Consumo Gasolina do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

Finalmente, para o consumo de gasolina do AMVA, tem-se no período de 2015 que o modelo reflete um consumo de 160 milhões de galões de gasolina e o histórico apresentado é de 167 milhões de galões de gasolina, representando uma diferença de 4% e oferecendo um comportamento semelhante entre as duas projeções.

Resultados

Para a avaliação dos resultados, levou-se em conta uma análise por cenários, como se pode ver na Figura 4. Os cenários apresentados foram elaborados com base no projeto denominado “Mudança tecnológica na cadeia de valor na indústria, transporte, serviços e setores residenciais” executado pela Universidade de Bogotá Jorge Tadeo Lozano para a Unidade de Mineração e Planejamento Energético - UPME no ano de 2017, que teve como objetivo estabelecer a forma como as mudanças tecnológicas e os consumos de energia ocorreram e compreender os principais elementos da política e planejamento energético a médio e longo prazo.

O cenário mais favorável é denominado “Alan Turing” se orienta pelo disposto no Plano de Desenvolvimento de Medellín Futuro, na busca por uma Eco-Cidade. Para tal, são considerados os seguintes aspectos:

- **Impostos sobre o uso** de automóveis particulares e motocicletas
- Aumento dos **custos** de viagem de automóveis e motocicletas
- Faixas **exclusivas** para transporte público
- Gestão eficiente das frotas de transporte público e de massa
- **Diminuição dos tempos de viagem no transporte público e de massa**
- Estímulo às viagens em **bicicleta**
- **Integração** entre o transporte de massa e as ciclovias
- **Eletrificação** do transporte
- População em **equilíbrio com os recursos** disponíveis

No caso do cenário menos favorável, denominado “Another brick in the wall”, trata-se de um cenário no qual ainda não existem muitas políticas voltadas a um transporte sustentável e que se caracteriza pelos seguintes aspectos:

- **Falta de políticas claras**, coerentes e oportunas que favoreçam o uso da mobilidade sustentável

- Falta de uma política **ambiental clara**
- Crescimento da **taxa de motorização**
- **Saturação** do parque automotor
- **Insegurança** do serviço público
- **Desarticulação** entre meios de transporte
- Falta de **infraestrutura** para ciclistas
- **Saturação da população** em relação aos recursos disponíveis

Os outros dois cenários, “Dukes of Hazzard” e “Matrix”, são cenários de transição que demonstram o que ocorre no caso de não se levar em consideração no mesmo sentido a política e a atratividade por parte das pessoas no tocante à mobilidade sustentável.

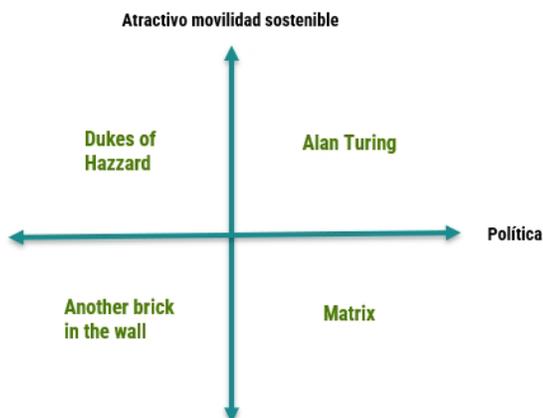


Figura 4. Cenários de simulação do sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 5 mostra os resultados da simulação de viagens realizadas no AMVA, sob as condições do cenário “Another brick in the wall”. Neste cenário, carente de políticas sustentáveis, se observa um incremento das taxas de motorização e do uso do transporte individual como principal meio de transporte. O principal meio de transporte é o automóvel e a motocicleta, seguido do transporte público e do metrô – isso em detrimento das viagens realizadas caminhando ou em bicicleta, como fica evidente no Gráfico 5.

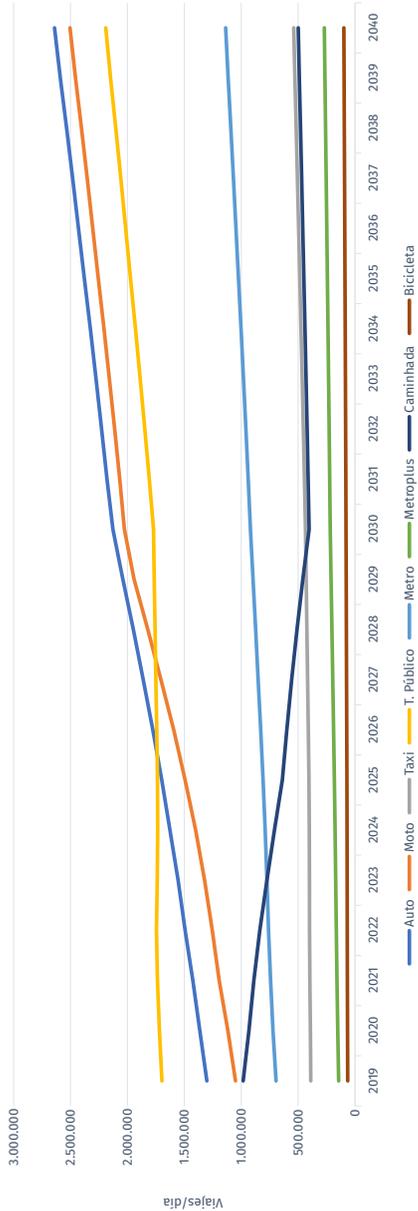


Gráfico 5. Cenário “Another brick in the Wall” – Distribuição modal da demanda de viagens.

Fonte: Elaboração própria.

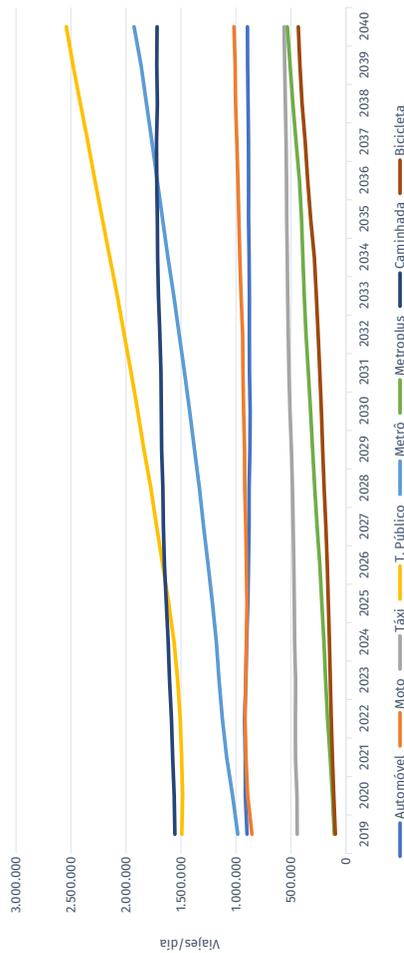


Gráfico 6. Cenário “Alan Turing” – Distribuição modal da demanda de viagens.

Fonte: Elaboração própria.

Pelo contrário, se existem políticas coerentes com a mobilidade sustentável (Gráfico 6); ou seja, aquela com consideração pelo meio ambiente e pelo uso do transporte público e de massa, diminuindo seus tempos de viagens e aumentando a qualidade do serviço, obtém-se como resultado um maior uso do transporte público, seguido do uso do metrô e a preferência por caminhadas. Neste cenário, tem-se uma menor participação do uso do automóvel e da motocicleta como meios individuais (permanecendo mais ou menos constante ao longo do período analisado).

Conforme mencionado anteriormente, a distribuição modal do cenário “Alan Turing” tem uma forte influência de políticas orientadas ao melhoramento da qualidade do serviço, à geração de custos competitivos e à redução dos tempos de viagem, principalmente do transporte público, Metrô e Metroplus.

Neste sentido, o Gráfico 7, mostra uma modelagem da redução dos tempos de viagem associada à oferta de faixas exclusivas para o transporte público, ao aumento da frequência dos trens, à entrada no sistema integrado de transporte do metrô da 80, ao aprimoramento do serviço intermodal e à criação de zonas de restrição ao transporte individual (MURO-RODRÍGUEZ et al., 2017).

Para o caso das viagens em metrô, com um tempo aproximado de 60 minutos para os trajetos mais longos (ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DEL ABURRÁ, 2017), haveria uma redução de aproximadamente 17% no período até 2040, chegando-se a 50 minutos no caso das viagens de maior duração. No caso do Metroplus, em que atualmente sua viagem mais extensa tem uma duração de aproximadamente 50 minutos, igual ao Metrô, haveria uma redução de 17% até o ano de 2040, passando a durar 41 minutos (Gráfico 7)

O foco no transporte público é um dos objetivos de tal política e, neste caso, passaria de um tempo de viagem de 48 minutos para 38 minutos em 2040, representando uma redução de 21%. Contrariamente, essas políticas fazem com que a viagem em automóvel e em motocicleta incremente seus tempos de viagem; no caso do automóvel, haveria um aumento de 50%, ao passo que a motocicleta geraria um aumento em torno de 25%.

No que tange às políticas voltadas à sustentação dos custos de viagem no sistema integrado de transporte e no transporte público e à geração de medidas tributárias sobre a propriedade do automóvel particular e da motocicleta como, por exemplo, impostos sobre o carbono, pedágios urbanos e custos mais elevados dos estacionamentos, o Gráfico 8 apresenta a avaliação de tais políticas (WANG et al., 2008).

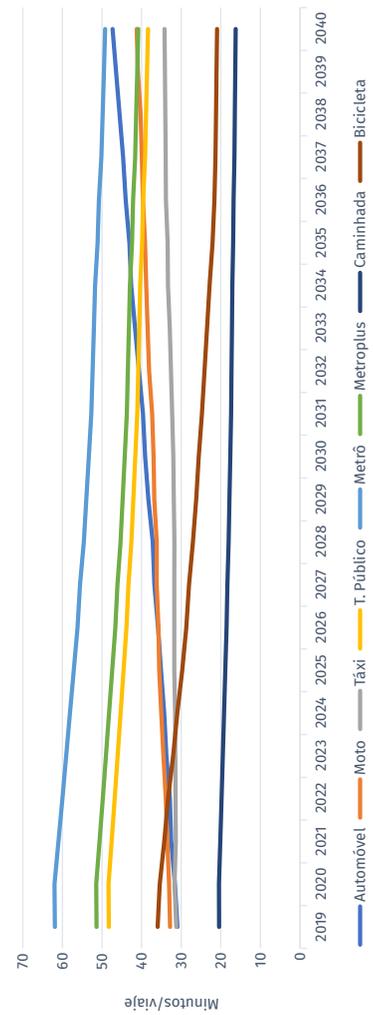


Gráfico 7. Tempos de viagem do sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

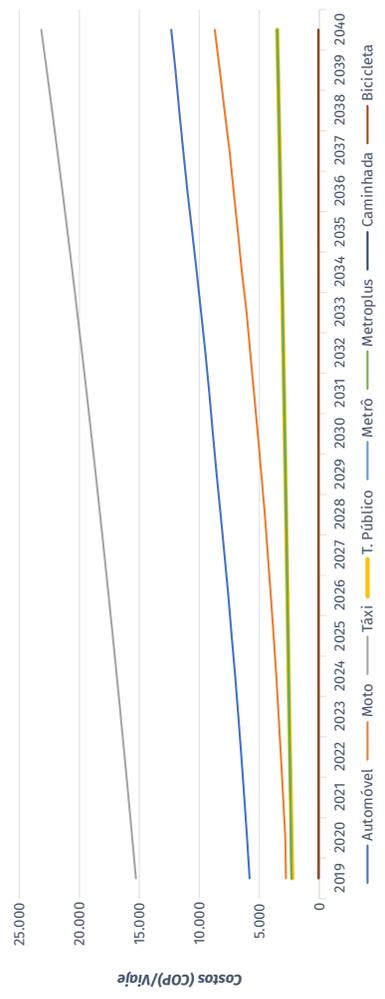


Gráfico 8. Custos de viagem do sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

Neste caso, o custo de viagem associado ao sistema integrado de transporte (Metrô, Metroplus) e o transporte público manteriam seus custos por viagem de modo constante ao longo do tempo, enquanto as políticas neste sentido fariam com que o custo de viagem do automóvel particular passasse a ter um valor aproximado de 1,6 dólares, chegando à casa dos 3,2 dólares no ano 2040. Neste mesmo contexto, o custo de viagem das motocicletas, que se encontra em cerca de 0,8 dólares passaria a custar em torno de 2,3 dólares em 2040. Da mesma forma, a viagem em táxi seria influenciada por essas políticas, o que impactaria no aumento do custo de 4,1 dólares para 6,1 dólares.

Por outro lado, uma política de Eco-Cidade influencia de maneira direta o comportamento das cidades urbanas, tomando-se como insumo a capacidade de suporte urbano – ambiental, com o intuito de levar em conta aspectos como capacidades ecológicas de carga do AMVA, a disponibilidade de recursos naturais e seu consumo de acordo com os usos e formas de ocupação do território. Isso tem um impacto direto sobre a população, ocasionando a geração de uma taxa maior de migração para outras regiões do departamento ou país, de acordo com os cenários de simulação. A mudança na dinâmica populacional ocasionará uma diminuição da taxa de viagens realizadas no AMVA e, por conseguinte, os quilômetros percorridos pelos diferentes meios de transporte. O Gráfico 9 apresenta a distribuição de quilômetros percorridos de acordo com os cenários de simulação propostos para esse caso e, considerando o cenário “Alan Turing”, obter-se-ia uma redução de 40% nos quilômetros percorridos até 2030 em relação ao cenário “Another brick in the wall” e de 46% menos quilômetros percorridos até 2040.

A dinâmica da demanda de viagens e os quilômetros percorridos no sistema de transporte do AMVA, juntamente com uma política de Eco-Cidade, ocasionará uma mudança no consumo de fontes de energia. Neste caso, foram adotadas como base as projeções propostas no Plano Energético Nacional da UPME (UPME, 2020) e as projeções realizadas em nível mundial pela Agência Internacional de Energia – AIE (IEA, 2020) para se chegar ao estabelecimento de metas de eletrificação do sistema de transporte do AMVA, em consonância com Maggi e Vallino (2020), que indicam que para se conseguir um transporte sustentável, devem ser estabelecidos percentuais de participação da frota elétrica em relação aos veículos, que funcionam com combustíveis líquidos.

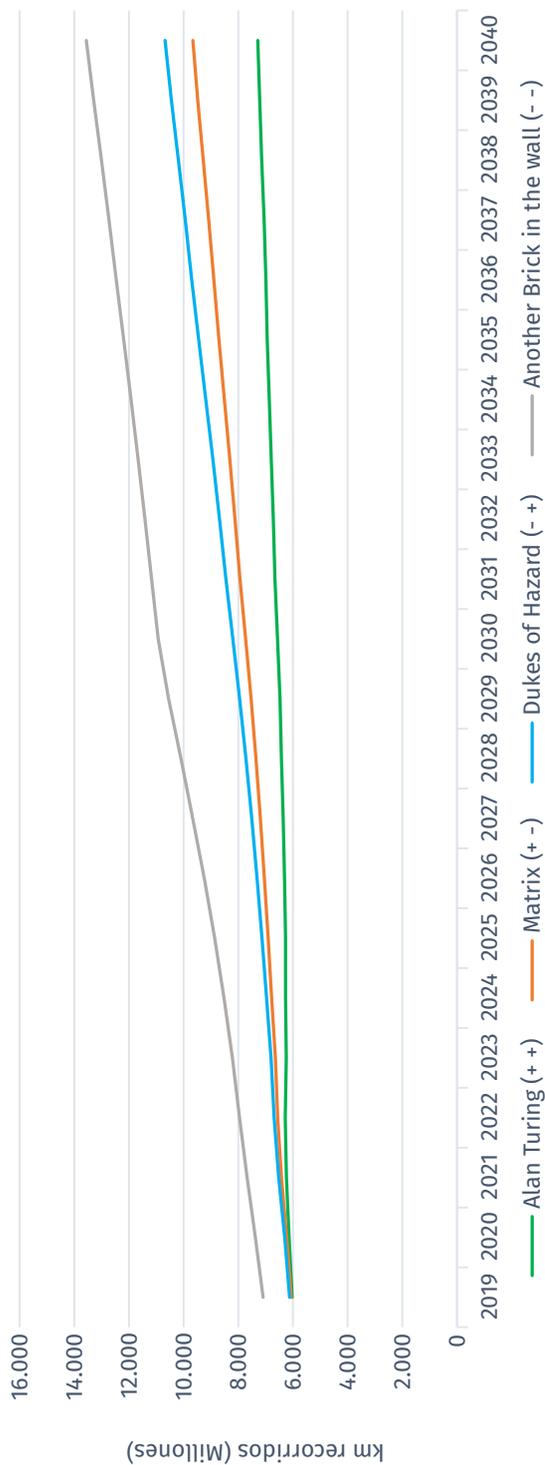


Gráfico 9. Quilômetros percorridos pelos meios de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

As metas estabelecidas para a eletrificação do setor de transporte nessas referências são as apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Metas de eletrificação do transporte.

Meios de Transporte	2030
Automóveis	8%
Motocicletas	5,4%
Transporte Público	20%
Táxi	14,8%

Fonte: UPME, 2020 e IEA, 2020.

Estas metas foram tomadas como base para o modelo, o qual listou as porcentagens de participação associadas com os diferentes cenários propostos. Podem-se observar na Tabela 3 as porcentagens de participação de meios de transporte elétrico. Neste caso, esta, chega a 41% na frota de automóveis até o ano 2030 no cenário “Alan Turing”, em contraste com 9% até 2030 no cenário “Another brick in the wall”. No caso do transporte público, composto principalmente por ônibus, a participação chega a 55% até 2030 e de 80% até 2040 no cenário “Alan Turing” e de 20% até 2030 e de 28% até 2040 correspondentes ao cenário “Another brick in the wall”. O que permite deduzir como as políticas orientadas para a eletrificação dos diferentes sistemas de transporte, permitirão incrementar a participação nos mesmos rumo a um cenário energético sustentável e, por conseguinte, um impacto positivo na redução de emissões poluentes associadas ao setor de transporte.

Tabela 3. Percentual de eletrificação do sistema de transporte do AMVA por cenários.

Meio de Transporte	Alan Turing		Another brick in the wall	
	2030	2040	2030	2040
Automóveis	41%	72%	9%	13%
Motocicletas	39%	69%	8%	10%
Transporte Público	55%	80%	20%	28%
Táxi	44%	71%	15%	21%

Fonte: Elaboração própria

Esses percentuais de participação de veículos elétricos no sistema de transporte do AMVA permitiram avaliar a dinâmica de consumo de energéticos nos diferentes cenários de simulação propostos no presente estudo.

Para esta análise, levou-se em consideração o consumo de energia elétrica em comparação com o consumo de galões de gasolina.

Os gráficos 10 e 11, apresentam o consumo de energia elétrica e de gasolina nos diferentes cenários de análise. No cenário “Alan Turing” se vislumbra uma eletrificação do transporte, haja vista os percentuais de participação da Tabela 3. Observa-se um crescimento exponencial do consumo de energia elétrica (Gráfico 10) em detrimento do consumo de galões de gasolina (Gráfico 11) ocasionado principalmente por um maior uso de tecnologias com tração elétrica, ao invés do uso de tecnologias de combustão interna. Ao passo que, num cenário “Another brick in the wall”, que tem poucas políticas orientadas para a eletrificação do transporte e do cuidado com o meio ambiente, observa-se que o consumo de energia elétrica é menor, haja vista principalmente as políticas que vêm se desenvolvendo de maneira inercial e o consumo elevado de galões de gasolina em comparação com os outros cenários, já que a principal tecnologia utilizada no transporte de passageiros é a de combustão interna.

De igual maneira, a política de Eco-Cidade impacta de forma direta na geração de emissões poluentes, as quais, neste caso, são estimadas em toneladas de CO₂ equivalentes.

Neste sentido, num cenário “Alan Turing” com uma quantidade menor de emissões poluentes, como mencionam Wen e Bai (2017) e Melkonyan et al. (2020), o fomento à modernização do sistema de transporte mediante a adoção de veículos elétricos gera uma diminuição das emissões de gases de efeito estufa nas zonas urbanas.

Até o ano de 2030, como se pode observar na Tabela 4 e no gráfico 12, num cenário “Alan Turing”, haveria emissões equivalentes a 885.633 de t de CO₂e, enquanto num cenário “Another brick in the wall”, as emissões seriam da ordem de 2.304.112 t de CO₂e, o que corresponde a uma economia de 1.418.479 t de CO₂e. Até o ano de 2040 e analisando-se os dois cenários propostos, essa economia ascenderia a 2.218.494 t de CO₂e. Se considerarmos que é necessária uma (1) árvore para reduzir 210 kg de CO₂e (MINENERGÍA, 2020), e que se obtém uma economia de 1.418.479 t de CO₂e até 2030, isso equivaleria a semear aproximadamente 6,7 milhões de árvores/ano e, até 2040, pressuporia o plantio de cerca de 10,5 milhões de árvores/ano.

Adicionalmente, pode-se ver como o cenário “Alan Turing” com o tempo reduz as emissões de CO₂e no setor de transporte, já que no período compreendido entre 2030 e 2040, se observa uma redução de 43% nas toneladas de CO₂e emitidas no ambiente, o que contribui para as políticas de descarbonização do setor de transporte e o cumprimento das metas propostas em nível mundial de se alcançarem zero emissões.

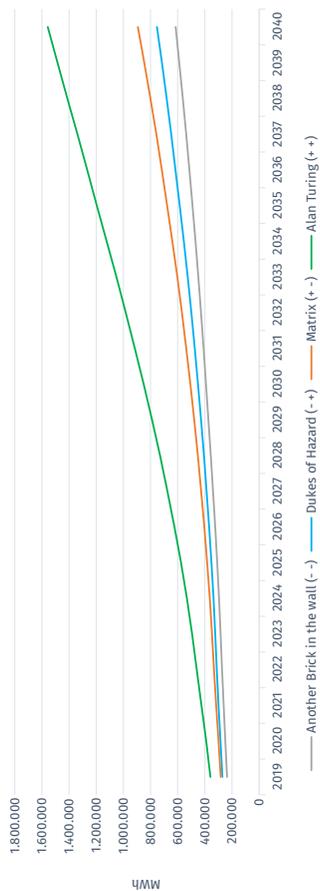


Gráfico 10. Consumo de energia elétrica no sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

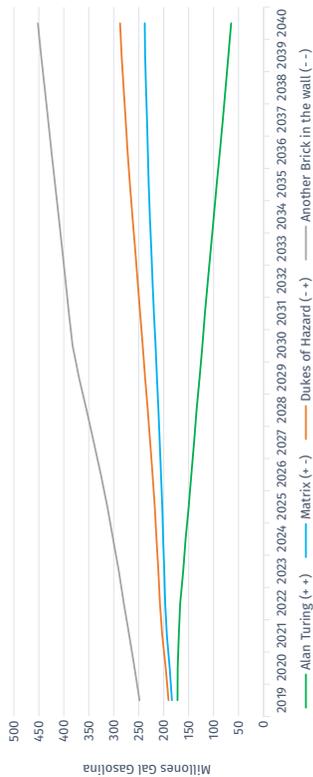


Gráfico 11. Consumo de gasolina no sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4. Emissões de t CO₂e.

Emissões de CO ₂ e	Alan Turing		Another brick in the wall	
	2030	2040	2030	2040
T CO ₂ e	885.633	498.434	2.304.112	2.716.927

Fonte: Elaboração própria

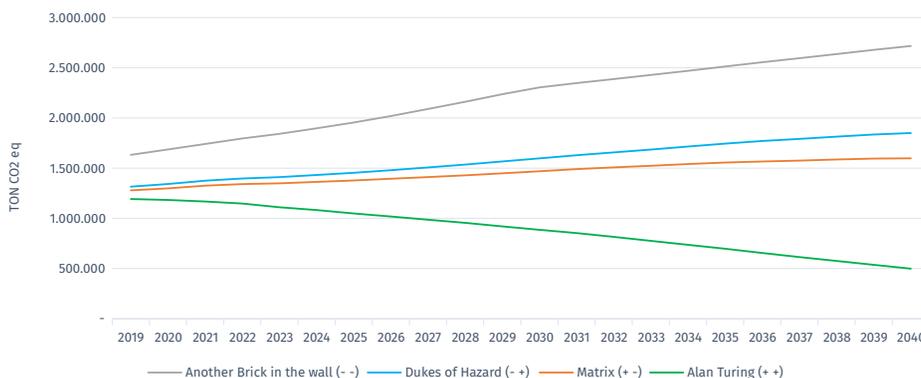


Gráfico 12. Emissões de t CO₂e pelo sistema de transporte do AMVA.

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 5 apresenta uma comparação entre as principais variáveis associadas aos dois principais cenários analisados no presente estudo. Pode-se observar inicialmente como evolui a quantidade de viagens por dia realizadas nos diferentes meios de transporte. Num cenário “Alan Turing”, a quantidade de viagens efetuadas no ano de 2030 é 2% menor com relação à quantidade de viagens realizadas num cenário “Another brick in the wall” e, até 2040, essa redução equivale a 3%. Tal situação se verifica devido à capacidade de carga populacional e às políticas orientadas para um uso eficiente dos recursos naturais, incentivando-se a migração de pessoas para outras regiões fora do AMVA, o que ocasiona um crescimento menor da população e, portanto, uma redução do número de viagens.

Se analisarmos as porcentagens de participação na realização de viagens no AMVA, observa-se que, até 2030 e 2040 e num cenário “Alan Turing”, a representatividade do transporte público, da bicicleta, da caminhada e do metrô são maiores em detrimento do uso particular do automóvel e da motocicleta – contrariamente ao que ocorre num cenário “Another brick in the

“wall”, no qual as maiores porcentagens de participação na distribuição modal do transporte se devem ao uso do automóvel e da motocicleta.

Um número menor de viagens tem um impacto direto no número de quilômetros percorridos já que, no cenário “Alan Turing” no ano de 2030, haveria uma queda de 40% nos quilômetros percorridos em relação ao cenário “Another brick in the wall”, e 46% menos quilômetros percorridos até 2040, o que se reflete proporcionalmente na quantidade de energéticos utilizados e na poluição ambiental.

Com relação à quantidade de energéticos utilizados pelos diferentes meios de transporte, nota-se que num cenário “Alan Turing”, o uso de energia elétrica é maior em relação ao cenário “Another brick in the wall”, o que corresponde a um uso maior de tecnologias de tração elétrica – em contraste com o consumo de gasolina, onde se evidencia que num cenário “Alan Turing”, esta fonte de energia tem menor representatividade.

Tabela 5. Comparação de cenários.

Meio de Transporte	Alan Turing		Another brick in the wall	
	2030	2040	2030	2040
Viagens/dia	7.846.430	9.626.608	7.979.865	9.877.285
% T Público	24	26	22	22
% Bicicleta	3	4	1	1
% Caminhada	21	18	5	5
% Automóvel	11	9	27	27
% Motocicleta	12	11	25	25
% Metrô	18	20	12	12
km percorridos (milhões)	6.475	7.286	10.549	13.560
MWh	850.334	1.557.042	391.236	614.652
Milhões de galões de gasolina	122	65	382	452
t CO ₂ e	885.633	498.434	2.304.112	2.716.927

Fonte: Elaboração própria.

Conclusões

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto associado ao estabelecimento de políticas de transporte sustentável na Área Metropolitana do Vale do Aburrá. Com base nos resultados da simulação realizada, a implementação

de políticas reduz a emissão de poluentes, o que se deve principalmente a uma distribuição modal voltada para o transporte público e o não motorizado e para a eletrificação dos sistemas de transporte.

Em um cenário “Alan Turing”, orientado para políticas de melhoria da qualidade do serviço de transporte público, gerando custos competitivos e com tendência a reduzir os tempos de viagem, principalmente do transporte público (ônibus), Metrô e Metroplus e mediante o estabelecimento de faixas exclusivas, o aumento da frequência de trens, a entrada no sistema integrado de transporte do metrô da 80, o aprimoramento do serviço intermodal e com zonas de restrição para o transporte individual, obteve-se como resultado uma redução de aproximadamente 17% nas viagens de maior duração do Metrô e Metroplus para o período até 2040. No caso dos ônibus, haveria uma redução de aproximadamente 21% nas viagens de maior duração.

A diminuição nos tempos de viagem, o estabelecimento de custos competitivos do transporte público e a geração de medidas tributárias sobre a propriedade do automóvel particular e da motocicleta, demonstraram resultados positivos na distribuição modal dos sistemas de transporte, priorizando o transporte público e o não motorizado, tendo as seguintes participações até 2030: ônibus (24%), Metrô (18%), bicicleta (3%) e caminhada (21%), em detrimento do automóvel (11%) e da motocicleta (12%).

O estabelecimento de metas ambiciosas na eletrificação do transporte demonstrou produzir resultados positivos na dinâmica de consumo de energéticos e na quantidade de emissões poluentes; portanto, num cenário “Alan Turing” para o período até 2030, os automóveis elétricos deveriam representar 41% da frota total no AMVA, em comparação com um cenário “Another brick in the wall” (9%). A frota automotriz associada ao transporte público, composta principalmente por ônibus, pressuporia uma participação de 55% até 2030 e de 80% até 2040 no cenário “Alan Turing”. No caso das motocicletas, a proposta deve vislumbrar que se chegue a uma participação de 39% com tecnologia elétrica até 2030 e de 69% até 2040.

A eletrificação do transporte modifica a dinâmica do consumo de energéticos. Num cenário “Alan Turing” até 2030, o consumo de energia elétrica seria um 54% maior do que num cenário “Another brick in the wall” e 61% a mais até 2040. Contrariamente ao que ocorre com o consumo de combustíveis líquidos. Para o caso estudado, num cenário “Alan Turing”, haveria uma redução de 68% no consumo de galões de gasolina até 2030 em comparação com o cenário “Another brick in the wall” e de 86% até 2040.

Uma distribuição modal voltada para o transporte público e não motorizado e metas ambiciosas no uso de tecnologias de tração elétrica permitirão

reduzir as emissões de gases poluentes. Neste caso, obter-se-ia, no ano de 2030 com um cenário “Alan Turing”, uma economia de 1.418.479 t de CO₂e. Até o ano de 2040, e analisando-se os dois cenários propostos, a economia subiria para 2.218.494 t de CO₂e. Esta situação equivaleria ao plantio de aproximadamente 6,7 milhões de árvores até o ano de 2030 e de aproximadamente 10,5 milhões de árvores até o ano de 2040.

Finalmente, as descobertas apresentadas são uma contribuição inovadora para o conhecimento relacionado à implementação de políticas alternativas de transporte sustentável, já que permitem compreender em qual contexto e sob quais cenários podem ser estabelecidos mecanismos capazes de contribuir para uma gestão eficiente dos sistemas de transporte do AMVA, melhorando assim a dinâmica de consumo de energéticos e gerando um impacto positivo na diminuição das emissões de CO₂.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Unidade de Planejamento de Mineração e Energéticos – UPME – e à Universidade de Bogotá Jorge Tadeo Lozano pelo apoio financeiro e técnico oferecido, tão necessário à realização deste trabalho.

Referências

- ABBAS, K. A. The Use of System Dynamics in Modelling Transportation Systems With Respect to New Cities in Egypt. In: *Proceedings of the 8th International Systems Dynamics Conference*, 1990.
- ABBAS, K. A.; BELL, M. G. H. System dynamics applicability to transportation modeling. *Transportation Research Part A*, v. 28, n. 5, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)90022-1).
- ALCALDÍA DE MEDELLÍN. Plan de Desenvolvimento Medellín Futuro. *Archivo Central Alcaldía de Medellín, Gaceta oficial (Acuerdo 2 de 2020)*, 2020.
- ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DEL ABURRÁ (AMVA). *Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá, SITVA*, 2020. Disponível em: <https://www.metropol.gov.co/movilidad/Paginas/transporte-publico/sitva.aspx>
- ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DEL ABURRÁ (AMVA). *Encuesta Origen - Destino*, 2017.
- CALFEE, J.; WINSTON, C. The value of automobile travel time: Implications for congestion policy. *Journal of Public Economics*, v. 69, n. 1, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0047-2727\(97\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0047-2727(97)00095-9)

- CANITEZ, F. Transferring sustainable urban mobility policies: An institutional perspective. *Transport Policy*, v. 90, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.02.005>
- CARDENAS, L.; ZAPATA, M.; FRANCO, C. J.; DYNER, I. Assessing the combined effect of the diffusion of solar rooftop generation, energy conservation and efficient appliances in households. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.068>
- CASTANEDA, M.; ZAPATA, S.; CHERNI, J.; ARISTIZABAL, A. J.; DYNER, I. The long-term effects of cautious feed-in tariff reductions on photovoltaic generation in the UK residential sector. *Renewable Energy*, v. 155, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.051>
- CENTER FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND TECHNOLOGY. *International Vehicle Emissions Model (IVE)*, 2021.
- CHATMAN, D. G. Deconstructing development density: Quality, quantity and price effects on household non-work travel. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 42, n. 7, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.02.003>
- CHOWDHURY, S.; CEDER, A. Users' willingness to ride an integrated public-transport service: A literature review. *Transport Policy*, v. 48, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.03.007>
- CHOWDHURY, S.; CEDER, A. (Avi); SCHWALGER, B. The effects of travel time and cost savings on commuters' decision to travel on public transport routes involving transfers. *Journal of Transport Geography*, v. 43, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.009>
- COLLINS, C. M.; CHAMBERS, S. M. Psychological and situational influences on commuter-transport-mode choice. *Environment and Behavior*, v. 37, n. 5, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0013916504265440>
- DELBOSC, A. The role of well-being in transport policy. *Transport Policy*, v. 23, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.06.005>
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. DANE. Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Medellín, Antioquia. *Dane*, 2019.
- DIAO, M. Towards sustainable urban transport in Singapore: Policy instruments and mobility trends. *Transport Policy*, v. 81, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.005>
- FONTOURA, W. B.; CHAVES, G. de L. D. ; RIBEIRO, G. M. The Brazilian urban mobility policy: The impact in São Paulo transport system using system dynamics. *Transport Policy*, v. 73, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.09.014>
- FRANCO, C. J.; ZAPATA, S.; DYNER, I. Simulation for assessing the liberalization of bio-fuels. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. Vol. 41. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.025>

- GAO, Q.; FANG, C.; LIU, H.; ZHANG, L. Conjugate evaluation of sustainable carrying capacity of urban agglomeration and multi-scenario policy regulation. *Science of The Total Environment*, v. 147373, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147373>
- HAGHSHENAS, H.; VAZIRI, M.; GHOLAMIALAM, A. (). Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data: A case study in Isfahan. *Cities*, v. 45, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.11.003>
- HASAN, M. A.; CHAPMAN, R.; FRAME, D. J. Acceptability of transport emissions reduction policies: A multi-criteria analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 133, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110298>
- HELD, T.; GERRITS, L. On the road to electrification – A qualitative comparative analysis of urban e-mobility policies in 15 European cities. *Transport Policy*, v. 81, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.05.014>
- IDEAM. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - Colombia*, 2015.
- IEA. *World Energy Outlook 2020*, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020/overview-and-key-findings>
- JANG, J.; KO, J. Factors associated with commuter satisfaction across travel time ranges. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 66, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.09.019>
- MAGGI, E.; VALLINO, E. Price-based and motivation-based policies for sustainable urban commuting: An agent-based model. *Research in Transportation Business and Management*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100588>
- MARTINEZ ANGEL, J. D. Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista de Salud Pública*, v. 20, n. 1, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/rsap.v20n1.57038>
- METRO DE MEDELLÍN. *Tarifas Metro de Medellín*, 2020. Disponível em: <https://www.metrodemedellin.gov.co/viaje-con-nosotros/tarifas>
- MELKONYAN, A.; KOCH, J.; LOHMAR, F.; KAMATH, V.; MUNTEANU, V.; SCHMIDT, A. J.; BLEISCHWITZ, R. Integrated urban mobility policies in metropolitan areas: A system dynamics approach for the Rhine-Ruhr metropolitan region in Germany. *Sustainable Cities and Society*, v. 61, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102358>
- MINAL, S.; CHALUMURI (Ch), R. S. Commuter's sensitivity in mode choice: An empirical study of New Delhi. *Journal of Transport Geography*, v. 57, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.11.001>
- MOLINA MONTENEGRO, M. A. Demanda de transporte en la ciudad de Medellín, Colombia. Periodo 2017. In: *Demanda de transporte en la ciudad de Medellín, Colombia. Periodo 2017*, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15332/tg.mae.2020.0663>

MURO-RODRÍGUEZ, A. I.; PEREZ-JIMÉNEZ, I. R.; GUTIÉRREZ-BRONCANO, S. Consumer behavior in the choice of mode of transport: A case study in the Toledo-Madrid corridor. *Frontiers in Psychology*, v. 8(JUN), 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01011>

NAÇÕES UNIDAS. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*, 2020. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>

OLFINDO, R. Transport accessibility, residential satisfaction, and moving intention in a context of limited travel mode choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 145, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.01.012>

PUCCI, P. Spatial dimensions of electric mobility—Scenarios for efficient and fair diffusion of electric vehicles in the Milan Urban Region. *Cities*, v. 110, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103069>

SAYYADI, R.; AWASTHI, A. A system dynamics based simulation model to evaluate regulatory policies for sustainable transportation planning. *International Journal of Modelling and Simulation*, v. 37, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02286203.2016.1219806>

SHEPHERD, S. P. A review of system dynamics models applied in transportation. *Transportmetrica B*, v. 2, n. 2, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21680566.2014.916236>

SIVASUBRAMANIYAM, R. D.; CHARLTON, S. G.; SARGISSON, R. J. Mode choice and mode commitment in commuters. *Travel Behaviour and Society*, v. 19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.10.007>

STRULAK-WÓJCIKIEWICZ, R.; LEMKE, J. Concept of a simulation model for assessing the sustainable development of urban transport. *Transportation Research Procedia*, v. 39, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.052>

THALER, A.; POSCH, A.; DUGAN, A.; STEININGER, K. How to design policy packages for sustainable transport: Balancing disruptiveness and implementability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 91, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102714>

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá - año 2018*, 2018.

UPME. *Estimaciones del consumo de energía en el sector transporte*, 2016.

UPME. *Balance de Energía Útil*, 2019a.

UPME. *Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, motos, taxis, BRT*, 2019b.

UPME. *Plan Energetico Nacional Colombia: 2020 - 2050. Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*, 2020.

URBANEK, A. Potential of modal shift from private cars to public transport: A survey on the commuters' attitudes and willingness to switch – A case study of Silesia Province, Poland. *Research in Transportation Economics*, v. 85, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.101008>

VAFA-ARANI, H.; JAHANI, S.; DASHTI, H.; HEYDARI, J.; MOAZEN, S. A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 31, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.016>

WANG, J. F.; LU, H. P.; PENG, H. System dynamics model of urban transportation system and its application. *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxì/ Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, v. 8, n. 3, 2008. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s1570-6672\(08\)60027-6](https://doi.org/10.1016/s1570-6672(08)60027-6)

WANGSNES, P. B.; PROOST, S.; RØDSETH, K. L. Vehicle choices and urban transport externalities. Are Norwegian policy makers getting it right? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102384>

WEN, L.; BAI, L. System Dynamics Modeling and Policy Simulation for Urban Traffic: a Case Study in Beijing. *Environmental Modeling and Assessment*, v. 22, n. 4, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9539-x>

WONG, R. C. P.; YANG, L.; SZETO, W. Y. Wearable fitness trackers and smartphone pedometer apps: Their effect on transport mode choice in a transit-oriented city. *Travel Behaviour and Society*, v. 22, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.10.006>

ZAPATA, S.; CASTANEDA, M.; FRANCO, C. J.; DYNER, I. Clean and secure power supply: A system dynamics based appraisal. *Energy Policy*, v. 131, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.028>

ZAPATA, S.; CASTANEDA, M.; GARCES, E.; FRANCO, C. J.; DYNER, I. Assessing security of supply in a largely hydroelectricity-based system: The Colombian case. *Energy*, v. 156, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.118>

Introdução

A partir da evolução dos sistemas de telecomunicações e de processamento de informações, é possível obter-se a integração de novas funcionalidades em relação ao sistema elétrico tradicional. Isso exige que se leve em conta a troca de informações entre os diferentes componentes e o fluxo bidirecional da energia, o que permitiu integrar ao sistema novas tecnologias, como a implementação de fontes não convencionais de energia renovável (FNCER) ou a implantação de sistemas de medição avançada. Além disso, os veículos elétricos vêm avançando no tocante à sua implementação e cada vez é mais comum encontrar-se esta tecnologia no sistema. Os veículos elétricos se colocam atualmente como um elemento-chave para a prestação de novos serviços à rede. Nesse sentido, tem-se o conceito de V2G (Vehicle to Grid) no qual, a partir do gerenciamento da carga e descarga das baterias, são prestados serviços na busca da otimização do desempenho energético da rede com critérios de confiabilidade e segurança. Isso é conseguido levando-se em consideração que, em aproximadamente 95% do tempo, os veículos permanecem estacionados, o que facilita o gerenciamento dos mesmos através do uso de carregadores inteligentes. A seguir, são descritas algumas das aplicações que podem ser realizadas por intermédio do conceito de V2G:

- **Carga coordenada:** Carregar os veículos elétricos à medida que o uso dessa tecnologia se dissemine pode converter-se num problema para o sistema. Nesse sentido, é necessário contar com um sistema que gerencie a recarga dos veículos sem colocar em risco a estabilidade do sistema.
- **Redução de picos de demanda:** Os picos de demanda trazem consequências negativas para o gerenciamento e operação do sistema. Um dos grandes inconvenientes para dar conta desses picos de demanda requer normalmente o uso de fontes de energia mais onerosas e que geram mais poluição. Os veículos elétricos podem converter-se em elementos de geração distribuída quando ocorre esse tipo de evento, reduzindo-se o uso

das fontes de geração tradicionais e contribuindo para a redução de perdas no sistema.

- **Apoio em microrredes:** Os veículos elétricos podem converter-se num apoio para as fontes de geração que estejam fornecendo energia por meio de uma microrrede.
- **Regulação de potência ativa:** A energia armazenada nas baterias dos veículos elétricos pode se converter num recurso valiosíssimo para o sistema em situações onde haja falta de potência ativa. Assim sendo, poder-se-á garantir a manutenção da operação do sistema dentro dos limites de frequência estabelecidos.
- **Regulação de potência reativa:** Esta alternativa ainda se encontra em estudo e exige a modificação das topologias atuais apresentadas pelos carregadores dos veículos elétricos. Contudo, a mesma se projeta como uma solução para os problemas de tensão existentes dentro de um sistema elétrico de potência. Em termos básicos, utiliza-se o carregador inteligente e a bateria do veículo elétrico como fonte de energia reativa no sistema.
- **Reserva rotativa:** Normalmente, nos sistemas elétricos de potência, são reservadas algumas unidades de geração que possuem a função de fornecer potência ativa de maneira rápida diante da possibilidade de eventos que possam ocorrer dentro do sistema, tais como a saída de uma linha ou outra unidade de geração. Essa reserva de energia exigida com uma capacidade de resposta muito rápida, pode ser viabilizada por meio da energia armazenada nos veículos elétricos e da interação dos carregadores inteligentes.

No entanto, para que possamos integrar e obter todos os benefícios criados pela implementação dessa tecnologia, é indispensável que comecemos a eliminar barreiras que dificultam a sua implantação e disseminação do ponto de vista das normas, regulamentações e políticas. Com esse intuito, devem ser estabelecidas as normas que impulsionem a construção da infraestrutura necessária e sua implantação de maneira coordenada, garantindo-se assim a interoperabilidade dos sistemas que facilitam o desenvolvimento dessas aplicações. De modo análogo, deve-se contar com políticas claras para que o setor acelere o processo de implantação, eliminando-se as barreiras e potencializando-se os benefícios a serem obtidos como, por exemplo, a redução dos gases de efeito estufa (GEI) e a prestação de serviços auxiliares por parte dos veículos ao sistema, melhorando assim sua confiabilidade e segurança.

Na Colômbia, o processo de integração dos veículos elétricos tem avançado e, desde o ano de 2015, tem-se contemplado a forma como essa tecnologia modificará o panorama do uso da energia, podendo converter-se, portanto, num ator relevante com vistas à redução no uso de combustíveis fósseis. Recentemente, o governo nacional estabeleceu metas de penetração dessa tecnologia baseadas no desenvolvimento de estratégias para acelerar sua integração. A Figura 1 apresenta os avanços mais relevantes para a integração da tecnologia de veículos elétricos no país.



Figura 1. Linha de tempo avanços em mobilidade elétrica.

Sem sombra de dúvida, os veículos elétricos se converterão num ator fundamental para a transformação energética do país, sendo um elemento-chave para a redução das emissões de GEI e um capacitador de novas funcionalidades no que tange ao sistema elétrico, focadas na segurança e confiabilidade da rede elétrica. A seguir, será apresentado um panorama dos avanços na integração dessa tecnologia no país.

Ideias Gerais UPME 2050

No ano de 2015, a UPME apresentou suas propostas acerca do desenvolvimento futuro do setor energético colombiano, as quais podem servir de base para a elaboração e implementação de uma política energética (UPME, 2015).

Essas ideias estão fundamentadas nos objetivos mencionados na Figura 2, tendo em vista a UPME e considerando-se que, com o cumprimento desses objetivos, será garantido o abastecimento de energia de maneira eficiente ao mesmo tempo em que se reduzirá seu impacto ambiental. Não obstante a tentativa de propor um plano energético, contudo, o documento não estrutura os mapas de rota para que os objetivos propostos possam ser atingidos. Isso se deve ao fato de que a UPME considerou que a elaboração dos mapas de rota deve ser feita em conjunto com os demais atores envolvidos.



Figura 2. Objetivos das ideias gerais sobre energia.

Fonte: UPME, 2015.

A UPME identificou o setor de transportes como o maior consumidor de energia no país. Com vistas a alcançar as metas dos acordos ambientais firmados pelo país, portanto, foram identificadas as tendências ao redor do mundo no tocante à redução das emissões de GEI e identificou-se que a introdução dos veículos elétricos, indubitavelmente constituirá um eixo fundamental na busca de uma solução para este problema.

Plano Energético Nacional 2050

No mês de dezembro de 2019, foi publicado o novo plano energético por parte da UPME (UPME, 2020). Já no início do documento, torna-se clara uma mudança de foco em relação ao primeiro plano energético emitido. O novo plano pretende estabelecer a política de transformação energética do país com base nos compromissos firmados nas diferentes instâncias internacionais

(ODS, COP 21 (2015) e COP 25(2019), OCDE). Com esse intuito, a UPME desenvolveu um modelo de simulação no qual são ajustados vários parâmetros e variáveis no tocante a avanços legislativos, desenvolvimentos tecnológicos e preferências dos consumidores que permitam identificar quais são os elementos mais importantes para que tal transformação seja levada a cabo.

A UPME efetua uma análise da transformação da demanda de energia de cada um dos setores produtivos do país, levando-se em consideração que o setor de transportes se tornou o maior consumidor de energia do país. Além disso, chama a atenção como o setor residencial deixou de ser o setor responsável pela maior demanda de energia, tendo perdido protagonismo nos últimos anos. Finalmente, observou-se um aumento significativo na demanda de energia por parte do setor industrial. Pode-se observar esta informação de forma mais clara no Gráfico 1.

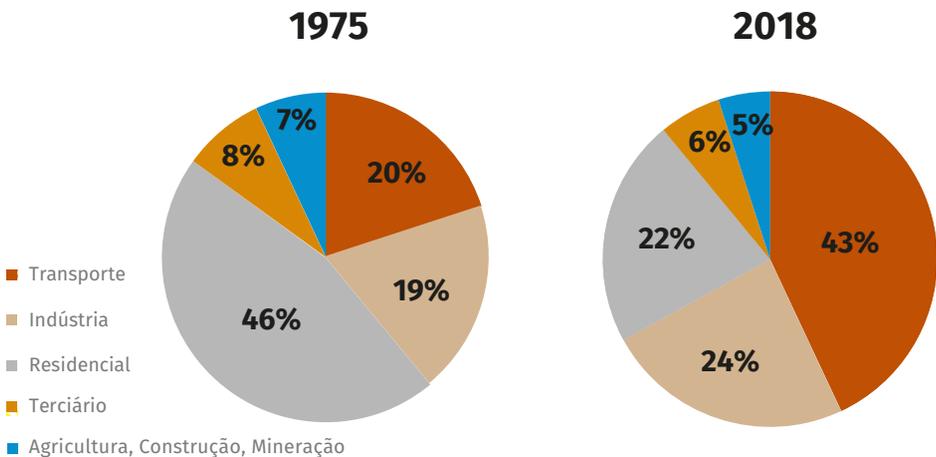


Gráfico 1. Evolução do consumo de energia no país.

Fonte: UPME, 2020.

Como consequência do exposto acima, o Gráfico 2 apresenta as fontes energéticas responsáveis por satisfazer a demanda do país. Torna-se evidente que a principal fonte de energia é a gasolina e o diesel, fontes energéticas caracterizadas por seu alto impacto na geração de GEI. Além disso, observa-se a evolução da energia elétrica como fonte de energia, a qual se tornou a terceira fonte de energia mais importante do país, responsável por 17% do total da demanda. Destaca-se também a diminuição no uso da lenha como fonte de energia no país.

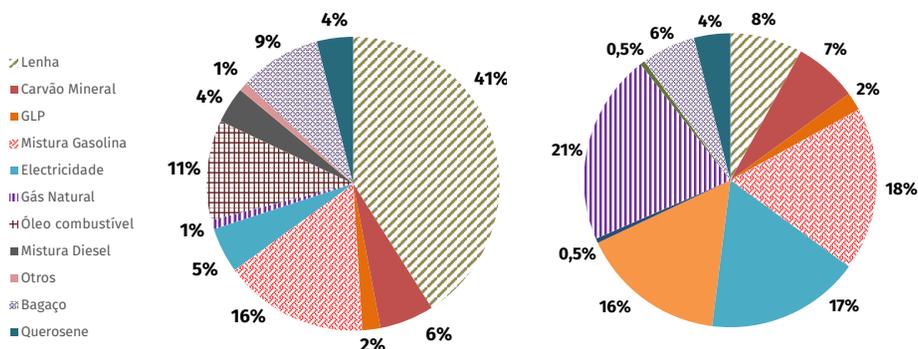


Gráfico 2. Transformação da matriz energética do país.

Fonte: Extraído de UPME, 2020.

Tendo em vista esse panorama, procedeu-se à seleção dos objetivos que irão garantir a transformação energética do país. Os sete objetivos propostos pela UPME são:

- **Segurança no fornecimento energético e diversificação da matriz energética:** De acordo com esse objetivo, foram definidas as ações e necessidades prioritárias no tocante à infraestrutura, com o intuito de garantir a expansão coordenada das diferentes cadeias energéticas.
- **Energia, eixo de desenvolvimento econômico e prosperidade:** Busca-se alavancar a competitividade de acordo com os princípios de maior produtividade e eficiência no setor de energia.
- **Gestão ambiental do setor energético:** Parte-se do princípio de que as fontes de energia utilizadas atualmente possuem um impacto direto no que tange à deterioração das condições do meio ambiente. Este objetivo busca concretizar medidas de proteção ambiental que permitam prevenir e reduzir esses impactos, riscos e efeitos originados em nível global e local, buscando-se um aumento da capacidade de adaptação a seus efeitos adversos, fomentando-se a resiliência do clima, um desenvolvimento com baixas emissões de gases de efeito estufa e a proteção da qualidade da água, do ar, dos solos e da biodiversidade.
- **Garantia de cobertura nos serviços e produtos energéticos com inclusão e desenvolvimento territorial:** Segundo este objetivo, busca-se garantir a cobertura do acesso à energia para satisfazer os requisitos de saúde, educação e oportunidades de emprego, entre outros.

- **Eficiência energética:** Este objetivo está fundamentado na integração de novas tecnologias (de uso, medição e análise) e está complementado com boas práticas de operação e hábitos de consumo de energia.
- **Integração energética regional:** Este objetivo busca desenvolver mercados na região através da interconexão para o intercâmbio de energia.
- **Ambiente capacitador para a implementação do PEN 2020 – 2050:** Este cenário tem o intuito de promover ambientes que facilitem a implementação do plano energético. Com essa finalidade, considera-se fundamental a preparação adequada dos recursos humanos e da infraestrutura, bem como promover uma cultura de sensibilização e capacitação de hábitos e práticas no uso da energia.

A partir desses objetivos e levando-se em conta o panorama energético do país, foram construídos os cenários de transformação observados na Figura 3. Pode-se concluir que o “Cenário 266”, empreende as mudanças necessárias para o cumprimento das metas assumidas pelo país e o “Cenário Novas Apostas” vai além dos compromissos firmados, sendo este último muito mais ambicioso.



Figura 3. Descrição dos cenários propostos para a transição energética.

Fonte: UPME, 2019.

Com base nestes cenários e de uma série de pressupostos relativos ao comportamento no longo prazo do crescimento da população, da inflação, do crescimento econômico, dentre outras variáveis, foram obtidas as projeções da maneira como serão transformados os diferentes setores no tocante à demanda de energia. O setor que apresentará uma transformação mais forte

em seu consumo de energia é o setor de transportes. Os combustíveis fósseis são os principais responsáveis pela produção de GEI e o setor de transportes exige uma mudança urgente com vistas ao cumprimento dos compromissos firmados pelo país a fim de assegurar a redução dos GEI.

Como se pode observar no Gráfico 3, nos resultados obtidos dentro dos dois cenários propostos, a eletricidade irá aumentar sua participação na matriz energética do setor de transportes, reduzindo a importância dos combustíveis de origem fóssil. Isso significa que a penetração dos veículos elétricos dentro do país será incrementada gradualmente, o que há de se converter num desafio não somente para efetuar os processos de carga e descarga, mas também para aproveitar todas as funcionalidades que esse tipo de veículo pode vir a oferecer, como o fornecimento de energia ao sistema em caso de emergências ou na programação de horários de recarga, de acordo com os sinais econômicos emitidos pelo sistema.

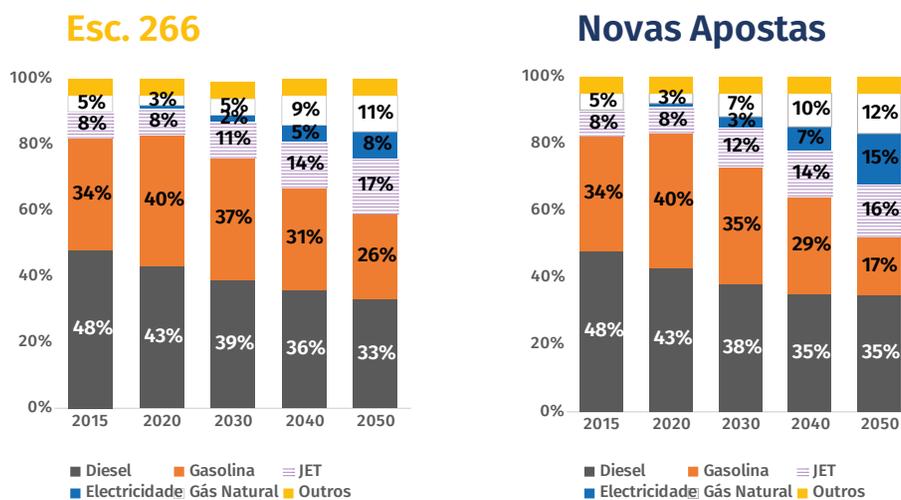


Gráfico 3. Transformação da matriz energética do setor de transportes.

Fonte: UPME, 2020.

Colômbia Inteligente

A iniciativa “Colômbia Inteligente” nasce da interação entre o Ministério de Minas e Energia da Colômbia e o Ministério de Tecnologias de Informação e de Comunicações, com vistas a identificar, com base nas experiências internacionais, um arcabouço para efetivar a implementação das Redes Inteligentes no país. No âmbito desta iniciativa, busca-se identificar as estratégias,

padrões e regulamentos internacionais necessários para facilitar a implantação das tecnologias de redes inteligentes na Colômbia.

Utilizou-se como base uma série de comparações das diferentes tecnologias empregadas nos processos de implantação ao redor do mundo, complementadas com conhecimentos e lições aprendidas em alguns dos países que já trilharam essas estratégias de implantação e revisão dos avanços e êxitos, alcançados pelos projetos piloto das diferentes empresas. Foram identificadas as principais barreiras e oportunidades para o desenvolvimento das tecnologias de redes inteligentes, a descrição das tecnologias mais aptas a serem implementadas, o conjunto de passos a serem seguidos em sua implementação e o grau de penetração de cada uma das tecnologias, com o objetivo de propor um mapa de rota de implantação das tecnologias de redes inteligentes.

Da mesma forma, essa iniciativa tomou como base quatro tecnologias de redes inteligentes consideradas fundamentais na busca dos objetivos energéticos propostos e a viabilidade existente para que as mesmas sejam implementadas no contexto colombiano. As quatro tecnologias priorizadas foram:

- **Infraestrutura de Medição Avançada (AMI):** Os sistemas AMI possuem a capacidade de fornecer os dados necessários à tomada de decisões e à execução de ordens e instruções para a operação do sistema elétrico. Em termos gerais, essa tecnologia é constituída pelos equipamentos de medição, pelos canais de comunicação e pelos elementos para o armazenamento e gerenciamento dos dados. A partir desta infraestrutura, é possível gerar novas funcionalidades dentro do sistema que favorecem a forma pela qual executam suas funções desde o operador de rede, dos comercializadores e empresas de serviços de energia até o usuário final e os gestores de recarga do VE, entre outros. Esta tecnologia facilita a participação do usuário dentro do mercado elétrico.
- **Automatização da rede de distribuição (ADA):** A automatização das redes de distribuição permite maximizar a integração dos recursos energéticos distribuídos e melhorar os níveis de qualidade do fornecimento de energia elétrica oferecido aos usuários. Com a integração de tecnologias de automatização nas redes de distribuição, é possível reduzir os tempos de falha na continuidade do fornecimento, melhorando de modo eficaz os indicadores de qualidade. Além disso, a reconfiguração automática da rede pode gerar melhorias na operação da rede de distribuição.
- **Recursos energéticos distribuídos (DER):** Esta tecnologia possibilita o uso de sistemas de micro geração (geração de baixa tensão) e de

armazenamento de energia em diferentes pontos do sistema. Graças à sua característica de estarem conectados às redes de baixa e média tensão, geralmente muito mais próximas dos consumidores, reduzem-se as perdas técnicas associadas ao transporte e garante-se maior eficiência da rede. Ademais, com um sistema de controle adequado, são prestados serviços complementares à rede nos momentos críticos ou de contingência. Isso permite aumentar os níveis de qualidade da energia fornecida e reduzir a dependência dos grandes geradores, ensejando, além disso, a participação dos usuários como geradores (chamados de “prosumidores”). Tal condição gera benefícios econômicos aos usuários e se converte num elemento-chave na implantação das redes elétricas do futuro. Os sistemas de armazenamento distribuído, também abrangidos pelas tecnologias DER, complementam a geração de energia a partir de fontes renováveis, uma vez que sua natureza é variável e não gerenciável.

- **Veículo elétrico (VE):** Esta tecnologia representa um importante desafio para as redes elétricas do futuro, uma vez que devem permitir a integração deste novo tipo de demanda, que apresenta claras vantagens para o meio ambiente ao substituírem os veículos baseados em combustíveis fósseis. Os veículos elétricos pressupõem uma oportunidade para melhorar a eficiência global do sistema elétrico, tendo em vista que a recarga de suas baterias pode ser realizada no momento escolhido pelos usuários e/ou pelo operador da rede. Um controle adequado deste processo implica uma capacidade de gerenciar a demanda, possibilitando o achatamento da curva de recarga. Um nível de funcionalidade mais avançado do VE é o chamado V2G (Vehicle to Grid), que significa que o veículo é capaz não apenas de carregar sua bateria quando se conecta à rede elétrica, mas também de descarregar na mesma a energia existente em sua bateria. Contar com veículos elétricos V2G conectados à rede com o controle e supervisão assegurados por uma rede inteligente, permite dispor de um recurso energético que, em determinadas condições, pode proporcionar um fornecimento elétrico capaz de melhorar a cobertura de demanda.

A iniciativa “Colômbia Inteligente” efetua uma proposta com relação aos graus de penetração de cada uma das funcionalidades pertencentes a cada uma das tecnologias selecionadas. A partir desta proposta, é possível evidenciar que se esperava uma penetração rápida dos sistemas AMI, colocando como mínimo de penetração para a fase I um total de 58% do total da energia consumida. Da mesma maneira, esperava-se uma penetração de veículos elétricos na fase I como máximo de 1,2%. No que tange aos sistemas DER,

considerou-se que o armazenamento de energia estaria desenvolvido na última fase da implantação, focando-se inicialmente na integração de geração distribuída fotovoltaica de baixa tensão. Finalmente, com relação à ADA, as etapas iniciais teriam como foco a integração de interruptores controlados remotamente por circuito, deixando para a última fase a implementação de funcionalidades como a reconfiguração automática em caso de alguma falha.

A partir de uma análise técnica e econômica complementada por um estudo voltado às barreiras regulatórias, de mercado e econômicas, que pudessem afetar a implantação das tecnologias priorizadas, foram ressaltadas as barreiras abaixo.

AMI

- Observou-se uma barreira referente aos custos das comunicações, os quais devem ser assumidos pelo OR.
- Os custos operacionais de leitura e operação não são tão significativos no país.
- Pouco desenvolvimento de projetos piloto.
- Poucas informações e falta de um programa educativo voltado para os consumidores.

ADA

- Necessita-se de maior capacitação do pessoal de operações nas empresas.
- Os OR's de menor tamanho talvez enfrentem problemas para realizar esses investimentos, em razão de sua limitada capacidade financeira.

Geração distribuída

- Pouca competição no mercado.
- Não existem alternativas de financiamento suficientes.
- Não existem incentivos eficazes que tornem a geração distribuída num investimento rentável.

- Mudança no modelo de geração. Descentralização dos sistemas de geração.

Armazenamento e VE

- Tecnologias não competitivas no momento atual.
- Investimentos insuficientes em infraestrutura.
- Necessita-se de uma regulamentação específica.

Avanços em políticas e regulamentação de veículos elétricos

As entidades responsáveis pela elaboração de políticas propuseram novas diretrizes com o intuito de fomentar a implantação das tecnologias de redes inteligentes na Colômbia, incluindo a penetração dos veículos elétricos. Neste sentido, serão apresentados a seguir os avanços mais importantes que envolvem essa tecnologia.

Documento CONPES 3934 Política de Crescimento Verde, publicado em 2018

Neste documento, busca-se desenvolver um programa nacional para a eletrificação do transporte com a colaboração dos Ministérios dos Transportes, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Minas e Energia, além da UPME, nos quais serão estabelecidas as ações, metas e os responsáveis pela incorporação gradual dos veículos elétricos no país (COLOMBIA, 2018). Para o desenvolvimento deste programa, levou-se em consideração a execução de ações que complementem e viabilizem a sua implantação. A partir da UPME, o trabalho será voltado para a proposta de adquirir toda a frota de veículos de entidades públicas que sejam elétricos ou híbridos, ao passo que o Ministério dos Transportes se encarregará de propor incentivos para o período entre 2019 e 2026 para os veículos de carga e de transporte (tanto público quanto privado). É importante mencionar que esta proposta está sendo trabalhada em conjunto com o Ministério da Fazenda e Créditos Públicos e inclui a incorporação de ferrovias completamente elétricas a esse programa. Adicionalmente, contar-se-á com a avaliação do plano piloto em 2022, referente à eletrificação das frotas de táxis no caso de Medellín, buscando-se

com isso uma estratégia de implementação para as cidades capitais do ano de 2024 até 2030.

O Ministério de Minas e Energia – com ajuda do Ministério dos Transportes – realizará estudos técnicos e de mercado a fim de desenvolver políticas para a infraestrutura, comercialização e operação da mobilidade elétrica. Além disso, será definida a tarifa de energia elétrica para este setor de mobilidade elétrica, incluindo outros parâmetros, tais como os requisitos mínimos de segurança, homologações, condições de operação e os requerimentos para a revisão técnica-mecânica dos veículos elétricos a serem montados ou importados, para entrarem em operação a partir de 2023.

Documento CONPES 3991 Política Nacional de Mobilidade Urbana e Regional

São estabelecidos mecanismos que impulsionam o financiamento conjunto para projetos de mobilidade sustentável orientados para os Sistemas Integrados de Transporte de Massa (SITM) e os Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP). Esses mecanismos são trabalhados a partir do Ministério dos Transportes e do Ministério da Fazenda e Créditos Públicos com apoio do Departamento Nacional de Planejamento (DNP), os quais serão implantados a partir do primeiro semestre do ano de 2022 (CONPES, 2020). De acordo com o apresentado na Figura 4, o esquema de financiamento conjunto que será executado procura assegurar que sejam cumpridos os objetivos e metas de infraestrutura para a operação dos sistemas de transporte. Mediante este modelo, serão facilitadas: as apresentações de projetos ao governo, a implementação por etapas nas quais se apoiará o desenvolvimento do projeto, e quais indicadores de resultado serão cumpridos (demanda de transporte público, indicadores de acidentes rodoviários e de poluição).

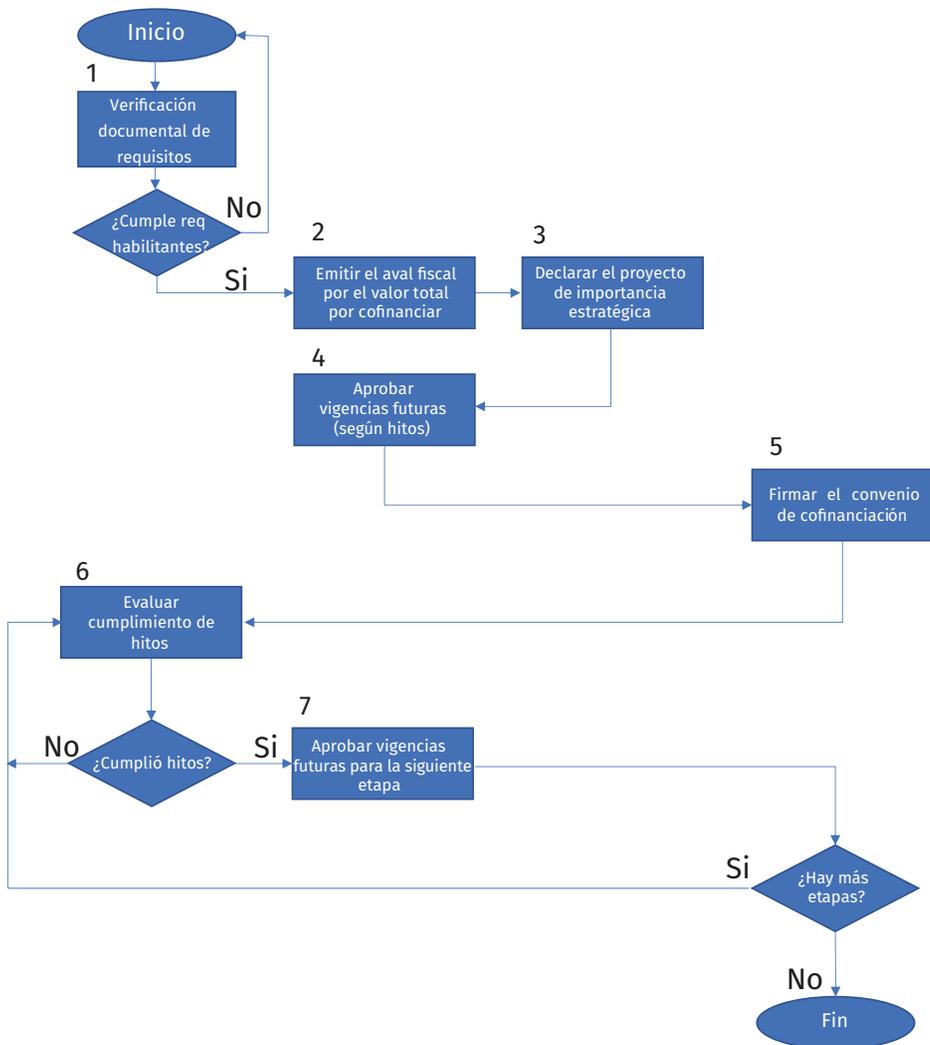


Figura 4. Esquema de cofinanciamento.

Fonte: CONPES, 2020.

Lei 1964 de 11 de julho de 2019

Essa Lei tem por objetivo gerar esquemas de promoção do uso de veículos elétricos e de zero emissões, com o intuito de contribuir para a mobilidade sustentável e a redução de emissões de poluentes e de gases de efeito estufa por meio de uma série de incentivos, entre os quais se encontram a redução do imposto sobre veículos automotores elétricos, descontos na

revisão técnica-mecânica e de emissões de poluentes e descontos no seguro obrigatório, entre outros benefícios. Por outro lado, determina-se o número de estações de recarga de acordo com o tipo de município, indicando que o funcionamento destas será garantido pelas respectivas empresas de energia, que prestam esse serviço naquela zona.

Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica

Para o cumprimento da Lei 1844 de 2017, na qual a Colômbia se compromete a cumprir os Acordos de Paris para reduzir em 20% as emissões de GEI com relação às emissões projetadas para o ano de 2030, da Agenda de 2030, do Crescimento Verde da OCDE e dos objetivos de desenvolvimento sustentável, o país promulgou legislação como a Lei 1931 de 2018, a qual estabelece que o setor de transportes é um dos setores prioritários para a economia, no qual se deve investir para alcançar o compromisso da redução de GEI – isso através de mapas de rota como o CONPES 3918. A Colômbia, contudo, antes de se comprometer a cumprir esses acordos, implementou uma redução de tarifas aduaneiras a 0% para veículos elétricos e 5% para veículos híbridos, além de incentivos tributários para os veículos elétricos como a redução do IVA e descontos no tocante à renda. Entretanto, faltam ainda novas estratégias para que se faça uma melhor implementação da mobilidade elétrica, já que em termos de emissões de GEI, o setor de transportes se encontra no terceiro lugar entre os maiores produtores da Colômbia e se identificam fontes de material em suspensão nas principais cidades do país.

A fim de se fazer uma transição rumo à mobilidade elétrica, quatro grandes desafios são elencados:

- I. **Desafio regulatório e de política:** Melhores políticas e arcabouços normativos são necessários para aumentar a eficiência energética e a diminuição de GEI no setor de transportes, juntamente com os compromissos estabelecidos nos CONPES, no PND e parâmetros definidos para a importação, produção e operação desse tipo de tecnologia veicular, construção de infraestrutura, esquemas tarifários e critérios para sua operação.
- II. **Desafios econômicos e de mercado:** Necessita-se de uma ampliação das cotas de importação de veículos elétricos ou a eliminação destas, uma vez que não se aproveitaram os benefícios de trazer esses veículos sem tarifas aduaneiras devido à inexistência de uma política de longo prazo definida.

III. Desafios técnicos e tecnológicos: Faz-se necessário criar condições claras para estabelecer as capacidades técnicas em tecnologia veicular elétrica mediante a definição das condições de instalação e operação das estações públicas e residenciais de recarga que garantam a segurança do usuário e dos operadores, a maneira de realizar a manutenção dessas tecnologias e a forma como são prestados os serviços pós-venda, bem como a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica para a implantação da mobilidade elétrica.

IV. Desafios relativos ao desenvolvimento de infraestrutura, planejamento e ordenamento territorial: Devem-se garantir avanços no estabelecimento de estações de recarga públicas e privadas, assim como no ordenamento territorial para a infraestrutura de recarga, modelos de negócio ao redor da instalação e prestação dos serviços de recarga, além de instrumentos técnicos, financeiros e normativos para a instalação da infraestrutura de recarga.

Esses desafios dizem respeito à necessidade de incorporar 600.000 veículos elétricos até 2030. Para alcançar tal objetivo, uma linha de ação foi definida, dividida em quatro pontos:

I. Instrumentos regulatórios e de política: Até o ano de 2022, o Ministério da Fazenda, o Ministério de Energia, o Ministério do Ambiente e o Ministério dos Transportes devem estabelecer padrões de eficiência energética para veículos elétricos e criar medidas que reduzam o incentivo ao uso de veículos poluidores. Em cooperação com a CREG, devem ser estabelecidos esquemas tarifários e aplicativos do tipo V2G. O Ministério do Comércio e a UPME devem formular programas de frota oficiais com veículos elétricos, estabelecer medidas para o planejamento de infraestrutura de recarga em espaços públicos e privados e, finalmente, reunir os principais atores envolvidos num debate acerca da implantação de veículos elétricos com medidas de cooperação e recomendações no tocante ao arcabouço regulatório e normativo.

II. Instrumentos econômicos e de mercado: Até o ano de 2022, o Ministério da Fazenda, o Ministério de Energia, o Ministério do Ambiente, o Ministério do Comércio, o Ministério dos Transportes e o DNP devem conceber e implementar mecanismos de apoio financeiro para a implantação de veículos elétricos e sua infraestrutura, avaliando incentivos para estimular a compra e o uso dessas tecnologias.

- III. Instrumentos técnicos e tecnológicos:** Até o ano de 2022, o Ministério do Ambiente, o Ministério dos Transportes e o Ministério de Energia deverão impulsionar o uso intensivo de veículos elétricos por meio da mudança da frota de veículos oficiais, homologações para os processos de importação e definição de parâmetros para a revisão técnico-mecânica, bem como alinhamentos e propostas para a disposição final dos veículos elétricos.
- IV. Instrumentos para o desenvolvimento das condições de infraestrutura e ordenamento territorial:** Até o ano de 2022, o Ministério de Energia, o Ministério dos Transportes, o Ministério da Habitação e o DNP deverão possuir os alinhamentos para a interoperabilidade, segurança e padronização dos pontos de recarga. Adicionalmente, será necessário gerenciar junto às empresas fornecedoras de energia uma infraestrutura que garanta a energia para a recarga dos veículos elétricos. Com o apoio da UPME e da comunidade acadêmica, dever-se-á avaliar a ampliação da mobilidade elétrica para os transportes fluvial, ferroviário e a cabo, incluindo a infraestrutura necessária para operá-los.

Projeto de Resolução “No qual se estabelecem as condições mínimas de padronização e de mercado para a implantação da infraestrutura de recarga para veículos elétricos na Colômbia”

Este projeto de resolução estabelece as definições técnicas, os critérios de padronização e condições de mercado que permitam a implantação da infraestrutura de recarga para veículos elétricos na Colômbia. Estabelece-se a definição dos níveis de carga que poderão ser encontrados no país, definindo-se os limites de cada um deles. Igualmente, pretende-se padronizar os conectores para a prestação do serviço de recarga nas estações, indicando-se que estas deverão contar com ao menos um conector Tipo 2 em conformidade com a Norma IEC 62196. Do mesmo modo, as estações de recarga e os carregadores com modo de carga tipo 4 deverão contar com ao menos um conector CCS Combo 2 em conformidade com a Norma IEC 62196.

Trata-se de um projeto de resolução que ainda se encontra em trâmite na etapa de comentários, razão pela qual o mesmo não deve ser considerado como uma versão final, uma vez que o texto ainda pode sofrer emendas ou modificações.

Estratégia de Longo Prazo “Colômbia-E2050”.

Na esteira da adoção dos Acordos de Paris, o Governo Colombiano – através da Lei 1844 de 2017 – esboçou a estratégia de longo prazo “Colômbia-E2050”, que consiste no estabelecimento de um mapa de rota por meio de espaços de participação que abrangem atores privados, públicos e da sociedade civil. A fim de propiciar as transformações necessárias para que a Colômbia seja uma sociedade resiliente ao clima, foram organizados grupos de trabalho que se debruçaram sobre áreas críticas, tais como energia e transportes, com o intuito de alcançar o objetivo de tornar a Colômbia um país “neutro em carbono” no longo prazo (GOBIERNO DE COLOMBIA, 2019).

Apoio à implantação de tecnologias de redes inteligentes na Colômbia – Carbon Trust

Durante o ano de 2020, desenvolveu-se o Projeto “Apoio à implantação de tecnologias de redes inteligentes na Colômbia” (UPME, 2020), cujo objetivo era quantificar os benefícios monetários da redução de emissões de GEI como resultado da flexibilidade oferecida pelas tecnologias de redes inteligentes no sistema elétrico colombiano. Dentro das tecnologias avaliadas, incluiu-se o veículo elétrico por sua natureza de operação que tem a capacidade de oferecer a possibilidade de flexibilizar a energia consumida e entregar energia ao sistema em caso de necessidade.

Adotou-se o uso de um modelo WeSIM, o qual foi desenvolvido pela Universidade “Imperial College London” (ICL) e que funcionou no Reino Unido como insumo para a tomada de decisões de políticas energéticas no tocante à descarbonização do sistema britânico. A metodologia para o desenvolvimento deste projeto foi alimentada com informações do sistema elétrico colombiano, e cenários foram simulados com vistas a quantificar as emissões de CO₂ produzidas em cada cenário.

Dois tipos de casos foram propostos para avaliar o impacto das tecnologias de redes inteligentes. O primeiro deles, denominado caso ‘BAU’, representa o Sistema Interconectado Nacional (SIN) sem restrições de emissões para abastecer a demanda elétrica projetada pela UPME. O outro tipo de caso, denominado ‘descarbonização’, representa diferentes sistemas colombianos interconectados e hipotéticos com distintas metas de descarbonização com relação ao cenário BAU do respectivo ano: 60% até 2030 (4.48MtCO₂); 100% até 2040; 100% até 2050.

Dentre as descobertas do projeto, foi identificado que a demanda de veículos elétricos e a demanda total (excluindo-se os veículos elétricos) diferem

no cenário com Redes Inteligentes em comparação com o cenário BAU. Descobriu-se que as mudanças na demanda total se devem quase completamente à mudança no comportamento da demanda de veículos elétricos. De fato, a curva de demanda (excluindo-se os veículos elétricos) tem um comportamento indiferente de um cenário para o outro, convertendo esta tecnologia num aspecto que deve ser levado em consideração no momento da obtenção dos resultados. É importante mencionar que, para garantir a flexibilidade que pode ser proporcionada pela tecnologia de veículos elétricos, faz-se necessária a implantação de carregadores inteligentes que respondam a sinais de preço e incentivos e que possam gerenciar os tempos de recarga ou que entreguem energia ao sistema.

A conclusão principal do projeto mostra que a rede inteligente propicia um sistema menos oneroso quando apresenta uma maior descarbonização, uma vez que permite a flexibilização da demanda e, por conseguinte, um uso mais eficiente da infraestrutura e, em termos gerais, do consumo de energia. Além disso, demonstrou-se que o impacto de se dispor de veículos elétricos flexíveis é muito importante. De fato, muitos dos benefícios demonstrados com o modelo se devem exclusivamente aos impactos da recarga inteligente dos veículos elétricos na rede elétrica.

Avanços na implantação de veículos elétricos no país.

A seguir, apresentaremos uma análise dos avanços na implantação da tecnologia de veículos elétricos no país.

Penetração de veículos elétricos.

A integração de veículos elétricos na Colômbia tem crescido de maneira sólida ao longo dos últimos anos e a Colômbia se converteu no principal mercado para esse tipo de tecnologia na região (REVISTA PORTAFOLIO, 2019). O comportamento das vendas de veículos elétricos (BEV) e dos híbridos conectáveis (PHEV) na Colômbia apresenta um aumento significativo em relação ao mesmo período no ano de 2021, como se observa na Tabela 1. Observa-se um aumento maior no número de unidades vendidas da tecnologia PHEV em relação à tecnologia BEV. No entanto, o número de unidades vendidas destas tecnologias continua muito reduzido em comparação com os veículos de tecnologias tradicionais.

Tabela 1. Comportamento das vendas de veículos BEV e PHEV entre os anos de 2020 e 2021 para os primeiros 5 meses com dados de INFORME VEHÍCULOS HEV, PHEV y BEV (2019)

Tipo de tecnologia	2020	2021	Variação
PHEV	173	519	200%
BEV	292	462	58%

Fonte: ANEMOS, 2021.

Do mesmo modo, ao se observar o tipo de segmento no qual são realizadas as vendas de veículos que contam com esta tecnologia, torna-se evidente que os automóveis e os veículos de passageiros se destacam como os principais compradores. Igualmente, nota-se um importante incremento nas vendas de unidades com esta tecnologia para o segmento de carga, inclusive aquela que pode ser denominada de “transporte pesado”. A Tabela 2 apresenta a distribuição por tipo de veículo.

Tabela 2. Comportamento das vendas de veículos BEV e PHEV entre os anos de 2020 e 2021 para os primeiros 5 meses por segmento com dados de INFORME VEHÍCULOS HEV, PHEV y BEV (2019)

SEGMENTO	2020	2021	Variação
Utilitário	121	487	302%
Automóvel	299	345	15%
Comercial Passageiros	-	93	-
Comercial Carga <10,5T	33	40	21%
Comercial Carga >10,5T	-	10	-
Van	8	6	-25%

Fonte: ANDEMOS, 2021.

Um fator importante que limitou a integração de veículos elétricos no mercado é o elevado preço que apresentam em relação aos seus similares de combustão. Detectou-se que, em alguns casos, o preço dos veículos elétricos pode chegar a superar em cinco vezes o de seus similares de combustão, o que faz com que sejam um bem fora do alcance de grande parte da população.

Outro dos desafios a serem superados no esforço de se avançar rumo à massificação dos veículos elétricos é o desenvolvimento da infraestrutura de recarga, com o intuito de atender à crescente demanda e às necessidades de mobilização dos usuários destas tecnologias nas diferentes cidades e

nos trajetos entre cidades. Atualmente, foram identificadas algumas companhias que projetaram estratégias de mobilidade elétrica, que buscam gerar uma rede de estações de recarga ao redor do país a fim de garantir o uso dos veículos em trajetos longos. Os avanços no tocante a essa questão ainda não são significativos e as estações de recarga se encontram localizadas unicamente nas grandes cidades do país e iniciando com a eletrificação das rotas de maior tráfego.

Transporte elétrico de massa

O uso de veículos elétricos no transporte de massa tem se revestido de grande relevância nas diferentes cidades do país. Em Bogotá, o Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) vem implantando uma frota de tecnologia elétrica. O objetivo desse meio de transporte é integrar 889 veículos desta tecnologia nos próximos anos, convertendo o sistema numa referência na utilização deste tipo de frota e impulsionando a redução de GEI e a diminuição dos custos de operação.

Em outras regiões do país, vêm sendo integradas provas piloto destas tecnologias com vistas a determinar seu desempenho durante a prestação do serviço. Em Cali foram integrados, em 2019, 26 ônibus elétricos ao Sistema de Massa Integrado do Ocidente (MIO), numa iniciativa cujo objetivo foi a integração de 136 unidades que funcionam com esta tecnologia.

Regulamentação e políticas

Em 11 de julho de 2019, foi promulgada a lei de mobilidade elétrica no país, a qual tinha como objetivo gerar esquemas de promoção do uso de veículos elétricos e de zero emissões com a finalidade de contribuir para a mobilidade sustentável e a redução de emissões de poluentes e de GEI. No âmbito desta lei, promove-se uma série de estímulos e incentivos (Figura 5) para os compradores desse tipo de tecnologia a fim de fomentar o seu uso.

De igual maneira, através desta lei se estabeleceu um cronograma para a substituição da frota de unidades utilizadas em redes de transporte de massa com o intuito de garantir a penetração de veículos elétricos. O cronograma estabelece um mínimo de unidades que devem funcionar com eletricidade no momento de sua aquisição, como se observa na Tabela 3.

Tabela 3. Cronograma de ingresso de veículos elétricos.

Ano	Porcentagem mínima de veículos elétricos
A partir de 2025	Mínimo 10% dos veículos adquiridos
A partir de 2027	Mínimo 20% dos veículos adquiridos
A partir de 2029	Mínimo 40% dos veículos adquiridos
A partir de 2031	Mínimo 60% dos veículos adquiridos
A partir de 2033	Mínimo 80% dos veículos adquiridos
A partir de 2035	Mínimo 100% dos veículos adquiridos

Fonte: elaboração própria com base no Congreso de la República, 2019.

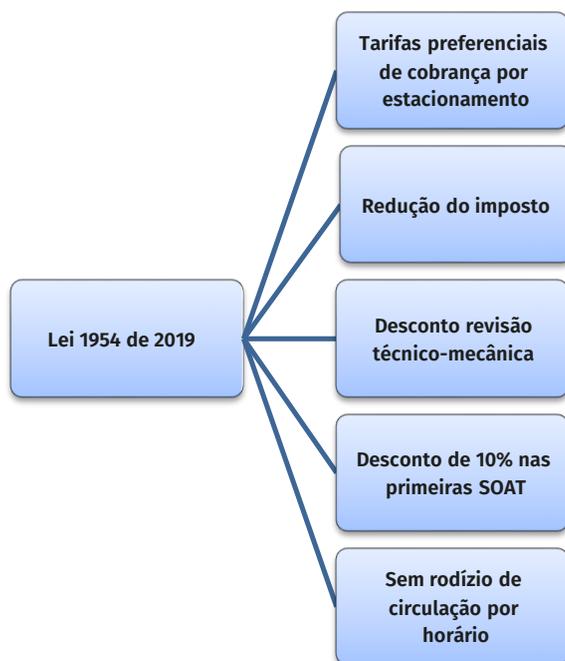


Figura 5. Incentivos para a integração de veículos elétricos.

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, determina-se que, num prazo máximo de três anos, todos os municípios incluídos na categoria especial (de 700.000 até 2.000.000 habitantes) terão de garantir o funcionamento de, no mínimo, cinco estações de recarga rápida. Igualmente, nota-se que a cidade de Bogotá deverá ter em funcionamento um mínimo de 20 estações de recarga rápida no mesmo período de tempo. Por outro lado, ainda não se avançou no que tange à

regulamentação das funcionalidades que esses veículos podem oferecer à rede como, por exemplo, a programação dos tempos de recarga ou a entrega de energia à rede em casos de contingência.

Conclusões

- Na Colômbia, construiu-se um arcabouço político e regulatório que busca a integração dos veículos elétricos no país e a implantação desta tecnologia com metas claras em relação às unidades, que são seu objetivo ao longo dos próximos anos. Todavia, devem ser considerados aspectos técnicos que ainda não foram definidos, tais como a padronização dos portos de recarga e as características e tipos de carga que serão oferecidas ao mercado, dentre outras.
- O benefício mais importante da mobilidade elétrica é a diminuição das contribuições de GEI e, além disso, trata-se de um complemento para a operação da rede elétrica por intermédio de aplicativos do tipo V2G. Neste sentido, ainda não foram obtidos avanços significativos na forma como os veículos elétricos poderão oferecer esses serviços complementares à rede elétrica.
- O potencial das aplicações de redes inteligentes que podem ser oferecidas a partir da massificação dos veículos elétricos, requer uma adaptação do arcabouço regulatório com vistas a permitir as transações e o intercâmbio de dados entre veículos e as diferentes plataformas de serviços. Assim sendo, deve-se garantir interoperabilidade e segurança cibernética como condições indispensáveis para a integração dos veículos elétricos e o desenvolvimento de aplicações de redes inteligentes.
- Houve um aumento no número de veículos elétricos registrados no país. Entretanto, a infraestrutura de recarga não permite em muitos casos cobrir as rotas entre os diferentes municípios e cidades. Neste sentido e a fim de que a infraestrutura de recarga não se converta numa barreira para a massificação dessa tecnologia, é importante que a implantação da infraestrutura de recarga seja acelerada.

Referências

ANDEMOS. *Informe Vehículos HEV, PHEV y BEV*, 2019.. Disponível em: [https://andemos.org/wp-content/uploads/2019/11/Informe-H%C3%adbridos-y-Elctricos-2019-10.pdf](https://andemos.org/wp-content/uploads/2019/11/Informe-H%C3%ADbridos-y-Elctricos-2019-10.pdf)

ANDEMOS. *Informe Vehículos HEV, PHEV y BEV*, 2021. Disponível em: <https://www.andemos.org/wp-content/uploads/2021/06/Informe-H%C3%ADbridos-y-Elctricos-2021-5.pdf>

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, U. D. *Parte I Antecedentes y Marco Conceptual del Análisis, Evaluación y Recomendaciones para la Implementación de Redes Inteligentes en Colombia, Smart Grids Colom*, 2016. Disponível em: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/Smart_Grids_Colombia_Vision_2030/1_Parte1_Proyecto_BID_Smart_Grids.pdf

COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Conpes 3934. *Política Cre-cim. Verde*, p. 1–114, 2018.

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. *Documento CONPES 3991: Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional*, 2020. p. 84

GOBIERNO DE COLOMBIA. MINAMBIENTE. *Estrategia de largo plazo de Colombia – E2050*, 2019.

INFORME VEHÍCULOS HEV, PHEV y BEV. *Octubre Visión general del Mercado Vehículos*, 2019.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *Resolución número 40223 de 2021, por la cual se establecen las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables*, 2020. Disponível em: <https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-40223-2021-871168363>

MINAMBIENTE. *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. Definición de la meta*, 2019.

REVISTA PORTAFOLIO. Colombia lidera el mercado de vehículos eléctricos en la región | Economía. *Portafolio*. v. 2019, n. 20, p. 1–9, 2019.

UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). *Plan Energetico Nacional 2020-2050*, 2020.

UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Carbon Trust, Universidad Nacional, and Imperial College of London. *Despliegue de tecnologías de redes inteligentes en Colombia*, n. 51, p. 4–7, 2020.

UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. *Unidad Planeación Min. Energética, Repub. Colomb.*, p. 184, 2015.

Chile, o outro extremo da Transição Energética e a Eletromobilidade: Contribuições do Sul

Ricardo Raineri Bernain

Introdução

A partir de 1950, as emissões mundiais de gases de efeito estufa artificiais (GEI) se multiplicaram em quase sete vezes, o que fez com que o setor de energia representasse cerca de 73% de GEI, dos quais 20% provém dos transportes, 43% da eletricidade e do calor, 17% das manufaturas e da construção, 12% de outros processos de combustão de combustíveis e 8% de emissões não controladas. A energia faz parte da nossa vida diária no âmbito da economia moderna; ela é usada em nossas casas, no transporte, nas indústrias, na agricultura e nas indústrias extrativas. Além disso, no século passado, seus usos baseados na combustão de combustíveis fósseis (CF) a converteram na principal fonte de produção de GEI, ao mesmo tempo em que deixou os sistemas econômicos aprisionados em tecnologias baseadas na queima de CF.

A transição energética é um caminho rumo à transformação do setor energético mundial com vistas à segunda metade deste século, a partir de um sistema energético baseado em fósseis rumo a um sistema com zero emissões líquidas de carbono. Isso implica uma transformação significativa das tecnologias que utilizamos, substituindo ou ajustando a infraestrutura existente e construindo sistemas de energia mais limpos para fazer frente ao aumento esperado no consumo de energia. Tudo isso requer novas tecnologias e um esforço coordenado maciço e internacional para alcançar os objetivos do Acordo de Paris¹ e da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável

1 O Acordo de Paris é um tratado internacional juridicamente vinculante sobre as mudanças climáticas. Foi adotado por 196 Partes na COP 21 em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e entrou em vigor em 4 de novembro de 2016. Seu objetivo é limitar o aquecimento global a muito abaixo de 2, preferivelmente a 1,5 graus centígrados, em comparação com os níveis pré-industriais.

da ONU, especialmente o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável Número 7 (ODS7) sobre Energia² e o 13, sobre Mudanças Climáticas³.

Na situação atual, em termos dos compromissos dos países e da velocidade de transformação do sistema energético, o mundo não está num caminho que lhe permita alcançar os objetivos do Acordo de Paris e o ODS7.⁴ Reconhecendo a lacuna atual, em dezembro de 2019, a Assembleia Geral das Nações Unidas (UN), através da Resolução 74/225, convidou o Secretário Geral a convocar um Diálogo de Alto Nível sobre Energia (HLDE)⁵, no nível de cúpula, durante a 76ª sessão da Assembleia Geral das Nações Unidas, em setembro de 2021, em Nova Iorque. O Diálogo espera uma declaração prospectiva, na qual sejam definidas ações concretas para acelerar ainda mais a implementação do ODS7, em apoio do Decênio de Ação para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e os objetivos climáticos do Acordo de Paris. Nele se esperam alcançar compromissos voluntários adicionais dos Estados membros e agentes não estatais, como as empresas e as autoridades subnacionais. Antecipando-se a este HLDE, a ONU se preparou

2 https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

3 Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 7 sobre a energia para 2030:

7.1 Garantir o acesso universal a serviços energéticos acessíveis, confiáveis e modernos.

7.2 Aumentar substancialmente a proporção de energias renováveis na combinação energética mundial.

7.3 Duplicar a taxa global de melhoria da eficiência energética.

7.a Melhorar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e à tecnologia de energias limpas, incluindo as energias renováveis, a eficiência energética e as tecnologias avançadas e menos poluentes que os combustíveis fósseis, e promover o investimento em infraestruturas energéticas e tecnologias de energia limpa.

7.b Ampliar a infraestrutura e melhorar a tecnologia para fornecer serviços energéticos modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento – em particular, os países menos desenvolvidos, pequenos Estados insulares em desenvolvimento e países em desenvolvimento sem litoral, em conformidade com seus respectivos programas de apoio.

https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

4 Como foi comentado, em fins de fevereiro de 2021, sobre as Mudanças Climáticas, a ONU publicou uma síntese da ambição da ação climática contida nas novas contribuições determinadas em nível nacional ou atualizadas dos países (NDC), o que indicou que as nações devem redobrar seus esforços climáticos se quiserem alcançar o objetivo do Acordo de Paris de limitar o aumento da temperatura global em 2C, idealmente 1.5C, até fins deste século. Até agora, estima-se que a temperatura média global em 2020 foi de 1,27 °C (2,29 °F) acima da temperatura média de fins do século 19, de 1850 a 1900, um período que se utiliza como linha de base pré-industrial para os objetivos de temperatura global. Além disso, segundo o que foi reconhecido no Relatório 2021 sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com a crise da COVID, tornou-se ainda mais difícil obter êxito nos ODS até 2030 e o mundo não está no caminho de alcançá-los, nem esteve antes da crise da COVID.

5 <https://undocs.org/en/A/RES/74/225>

para atingir um consenso em torno de cinco temas e ações concretas em energia, que permitam alcançar o ODS7 e o Acordo de Paris, a saber:

- Acesso à energia
- Transição energética
- Habilitação dos ODS através de transições energéticas inclusivas e justas
- Inovação, Tecnologia e Dados
- Finanças e Investimento

Hoje, juntamente à falta de ambição no que tange aos objetivos do Acordo de Paris e o ODS7, 800 milhões de pessoas carecem de acesso à eletricidade e um terço da população do mundo vive com sistemas de cozinha poluentes e ineficientes, razão pela qual se faz urgente acelerar as ações para escalar significativamente as energias renováveis modernas, particularmente nos países menos desenvolvidos, que carecem de acesso à energia, em instituições de governo, na indústria, nos sistemas de calefação e nos transportes. A partir de trabalhos anteriores, a ONU concebeu um conjunto conciso de ações para HLDE que buscam direcionar o mundo num caminho que leve ao êxito no tocante aos ODS e ao Acordo de Paris.

Chile, comprometido com os objetivos das mudanças climáticas.

O Chile, um país com uma população próxima de 18 milhões – 0,24% da população mundial e uma renda per capita de 13,231,7 dólares (25.067,7 dólares PPC em dólares internacionais constantes 2017) em 2020 – investe 0,35% do PIB em P+D e responde por 0,25% do CO₂e global. Entre as forças pelas quais o país é conhecido, encontram-se:⁶

- Economia aberta com numerosos acordos de livre comércio.
- Políticas monetárias, fiscais e cambiais estáveis e flexíveis.
- Indústrias da mineração (principal produtor de cobre), agricultura, pesca, silvicultura.
- Membro da OCDE e da Aliança do Pacífico.

Ao passo que, entre suas fraquezas, podem-se listar:

⁶ Nota de vários países fornecida pelo global EDGE.msu.edu e EXPORT.GOV

- Economia pequena e aberta, vulnerável às flutuações dos mercados internacionais, com uma forte dependência do cobre e da demanda chinesa.
- Alta exposição aos efeitos das mudanças climáticas e a riscos sísmicos.
- Sistemas de pesquisa e inovação inadequados.
- Disparidades de renda e riqueza, além de sistemas de educação e saúde inadequados.

Desde 1990, as emissões de CO₂e do país mais que dobraram, com 77% das emissões de CO₂e procedentes da energia, Figura 1.⁷ Do total de emissões de CO₂e da energia, 39% provém da geração de energia e 33% dos transportes, Figura 2. A indústria da mineração representa 17,1% das emissões de CO₂e,⁸ 7.1% da indústria da mineração e sua maquinaria que opera com CF, e cerca de 10,0% do consumo de geração de eletricidade à base de CF.⁹

Já nos primeiros dias após o Protocolo de Quioto, o país implementou diferentes ações relativas às mudanças climáticas. Foi um dos signatários iniciais do Protocolo de Quioto e também firmou o Acordo de Paris. Ao longo das últimas duas décadas, o governo exerceu um papel mais ativo na promoção da eficiência energética¹⁰ e na implantação de fontes de geração renováveis não convencionais (energias renováveis não convencionais, ou ERNC), tais como a solar, a eólica, as pequenas hidrelétricas, a biomassa e

7 Fonte: Cuarto Informe Bial de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2020, MMA. https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf

8 Fonte: Cuarto Informe Bial de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2020, MMA.

9 Estimado considerando-se um consumo de 1/3 da geração elétrica e dados do Quarto Relatório Bial de Atualização do Chile sobre Mudanças Climáticas 2020, MMA.

10 Em 2005, a Comissão Nacional de Energia (CNE), no âmbito do Ministério da Economia de Chile, criou o Programa “País para a Eficiência Energética! (PPEE), com o objetivo de consolidar o uso eficiente da energia como fonte, contribuindo assim para o desenvolvimento energético e o desenvolvimento sustentável do Chile. Uma das funções do PPEE foi estabelecer as bases institucionais e o arcabouço regulatório para a Eficiência Energética no Chile. Neste sentido, uma de suas principais linhas de atuação foi a criação de uma Agência de Eficiência Energética. Em fevereiro de 2010, foi criado o Ministério da Energia, e então as autoridades políticas decidiram separar as funções de regulação e execução das atividades de EE, através da criação das seguintes instituições:

- Divisão de Eficiência Energética (fevereiro de 2010) dentro do Ministério.
- Agência Chilena de Eficiência Energética (AChEE) (novembro de 2010), como uma agência pública privada, que mais tarde se converteu na Agência de Sustentabilidade Energética (2018).

a geotérmica.¹¹ Além disso, em 2020 o Chile atualizou suas Contribuições Nacionais Determinadas (NDC na sigla em inglês), aumentando sua ambição rumo aos objetivos do Acordo de Paris e as mudanças climáticas, por meio de metas associadas à mitigação de emissões de CO₂e e da adaptação às mudanças climáticas.

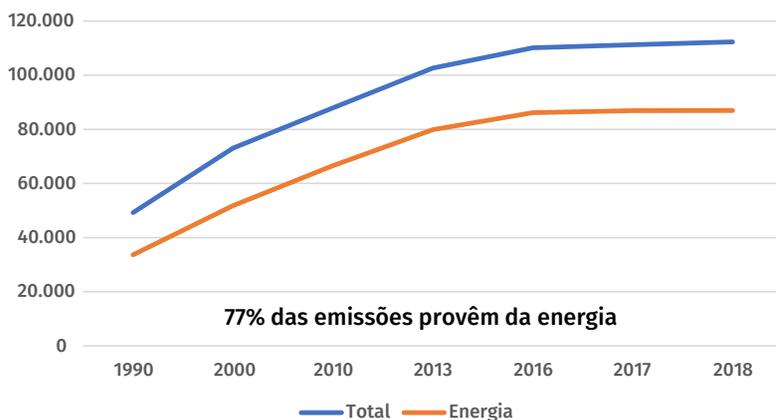


Figura 1. Chile emissões CO₂e.

Fonte: MMA, 2020.

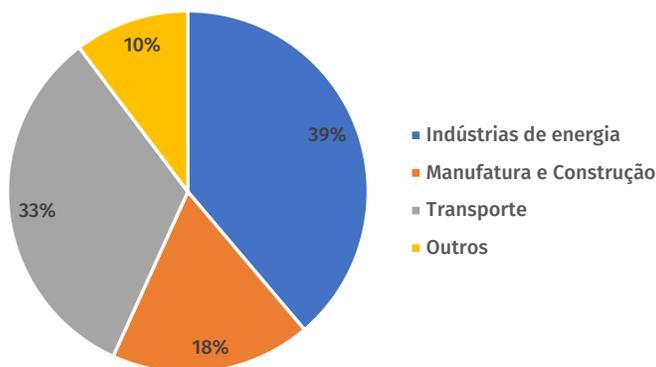


Figura 2. Chile emissões CO₂e. 2018.

Fonte: MMA, 2020.

¹¹ A Lei 20.257 de 2008 estabeleceu uma meta de 10% da energia proveniente de fontes ERNC no mix elétrico até 2024, meta que posteriormente, pela lei 20.698, aumentou este objetivo de 10% para 20% em 2025. O objetivo de 20% foi atingido com muita antecipação, em 2020, como estava previsto no Programa de Governo de Energia de Sebastián Piñera em seu primeiro mandato presidencial (2010-2014).

As principais metas de mitigação são:

- Compromete-se com um total de emissões de GEI não superior a 1.100 MtCO₂e entre 2020 e 2030, com um máximo de emissões de GEI (pico) até 2025 e um nível de emissões de GEI de 95 MtCO₂e até 2030.
- Reduzir as emissões totais de carbono negro em pelo menos 25% até 2030, em relação aos níveis de 2016.

No tocante às principais metas de adaptação, podem-se mencionar:

- Gestão sustentável e recuperação de 200.000 hectares de florestas nativas, o que representa capturas de GEI de cerca de 0,9 a 1,2 MtCO₂e anuais até 2030.
- Reflorestar 200.000 hectares, dos quais ao menos 100.000 hectares compreenderão uma cobertura florestal permanente, com pelo menos 70.000 hectares de espécies nativas. A recuperação e o reflorestamento serão levados a cabo, principalmente em terras aptas ao crescimento florestal e em áreas prioritárias para a conservação e representarão capturas num montante entre 3,0 e 3,4 MtCO₂e anuais até 2030.

Algumas das ações e políticas que o país vem impulsionando para realizar os compromissos assumidos sob a égide das NDC são:

- Uma Proposta de Lei de Mudanças Climáticas (no Congresso) que institucionalizará o compromisso do país para alcançar a neutralidade de carbono até 2050.¹²
- Compromisso de fechar todas as centrais elétricas de carvão até 2040. Em alguns casos, inclusive se está avançando com o fechamento de plantas antes do previsto.¹³ Ademais, espera-se que até o ano de 2025, das 28 usinas de carvão que o Chile possuía em 2019, 18 já não estejam em operação.
- Lei de Eficiência Energética (EE) (Lei 21.305, 13 de fevereiro de 2021),¹⁴ que ambiciona promover o uso racional e eficiente dos recursos energéticos e, entre outras questões, almeja uma redução da ordem de 5,5% no consumo de energia até 2030 e de 7% até 2035.

12 https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=13191-12

13 <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/ministro-juan-carlos-jobet-tras-historico-anuncio-de-cierre-adelantado-de-centrales-carbon-este-nuevo-hito-nos-acerca-cada-vez-mas-hacer-de-chile-un-pais-de-energias-limpias>

14 <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>

- Estratégia Nacional de Eletromobilidade.¹⁵
- Estratégia Nacional de Hidrogênio Verde.¹⁶
- Acordo dos países da América Latina e do Caribe no sentido de alcançar uma média de 70% da capacidade instalada elétrica com fontes energéticas renováveis até 2030.¹⁷
- Apoiar-se no uso da ciência e da inovação como motores da mudança e a orientação política através de programas de P+D, como aqueles que têm contado com financiamento administrado a partir da Corporação de Fomento da Produção (CORFO), dentre os quais as seguintes iniciativas recentes podem ser destacadas:
 - Plataforma Solar no Deserto do Atacama.¹⁸
 - Centro de Economia Circular.¹⁹
 - Centro de Eletromobilidade.²⁰
 - Instituto de Tecnologias Limpas.²¹

Mediante estas e outras ações de política pública e associações público-privadas, o país busca responder aos seus NDC, onde, a partir da perspectiva da TE e da eletromobilidade, as quais o Chile possui em nível global, destacam-se as relacionadas às indústrias extrativas para alcançar emissões líquidas-zero tão logo seja possível através da tecnologia.

Indústrias extrativas, onde tudo começa

As indústrias extrativas são o ponto de partida na cadeia de fornecimento de grande parte da economia mundial, da TE e da eletromobilidade. Além disso,

15 <https://energia.gob.cl/electromovilidad>

16 https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf

17 Trata-se de um acordo firmado na COP 25 de Madrid, liderado pela Colômbia, entre dez países da ALC, que inclui Chile, Costa Rica, República Dominicana, Equador, Guatemala, Haiti, Honduras, Paraguai e Peru e que está aberto à participação de outros países da região. O objetivo de que 70% da eletricidade provenha de fontes renováveis até 2030 inclui as grandes centrais hidrelétricas. <http://extranet.olade.org/noticias/at-cop25-10-countries-in-latin-america-and-the-caribbean-are-committed-to-contribute-to-reach-70-of-renewable-energy-in-the-region/?lang=en>

18 <http://www.portalminero.com/display/NOT/2015/08/19/Plataforma+Solar+Desierto+de+Atacama+inaugura+primera+etapa+del+proyecto> y <https://www.cdeaua.cl/instalaciones/plataforma-solar-del-desierto-de-atacama-psda/>

19 https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/centro_de_economia_circular_macro_zona_norte

20 https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/centro_para_el_desarrollo_de_la_electromovilidad

21 https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/instituto_de_tecnologias_limpas_fase_rfp

em nível mundial, a mineração é responsável por 4% a 7% do GHG global, as emissões diretamente de fontes próprias ou controladas mais as emissões da geração de energia comprada.²²

Os minérios são um elemento crítico em todas as tecnologias energéticas, das tecnologias atuais que usam CF até as novas tecnologias mais limpas. Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), “num cenário que cumpra os objetivos do Acordo de Paris, a participação das tecnologias de energia limpa na demanda total de minérios aumentará significativamente nas próximas duas décadas, para mais de 40% no caso do cobre e os elementos das terras raras, de 60 a 70% para o níquel e o cobalto, e quase 90% no caso do lítio” em 2040.²³ Portanto, nas políticas e ações nacionais que sejam executadas a fim de cumprir os objetivos do Acordo de Paris e o ODS7, os países com recursos minerais abundantes e os produtores de tecnologia devem assegurar um fornecimento confiável dos minérios necessários para apoiar a transição energética.²⁴ Deve-se também garantir que a maneira como produzimos esses minérios seja coerente com os objetivos das mudanças climáticas, bem como com as normas sociais e ambientais.

Conforme assinalado pela AIE,²⁵ a rápida implantação de tecnologias de energia limpa como parte das transições energéticas implica um aumento significativo na demanda por minérios como o cobre, lítio, níquel, manganês, cobalto, grafite, cromo, molibdênio, zinco, terras raras e silício, entre outros. Nesse quadro, a demanda por minérios para tecnologias de energia limpa aumentaria ao menos quatro vezes até 2040 a fim de se cumprirem os objetivos climáticos, com um crescimento excepcionalmente alto de minérios relacionados aos veículos elétricos (EV) (lítio, níquel, manganês, cobalto, grafite e cobre), dependendo da química futura das baterias. As tecnologias que surgirão na transição energética rumo às emissões líquidas zero em 2050, definirão quais minérios experimentarão o aumento mais significativo em sua demanda.

22 Lindsay Delevingne, Will Glazener, Liesbet Grégoir, and Kimberly Henderson (January 28, 2020). “Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know”. McKinsey Sustainability. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/climate-risk-and-decarbonization-what-every-mining-ceo-needs-to-know>

23 Agencia Internacional de la Energía, 2021, World Energy Outlook Special Report, “The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition”.

24 Bipartisan Policy Center, July 27, 2021, Washington D.C. EE.UU. Webinar “Critical Minerals are Key in the Energy Transition” <https://bipartisanpolicy.org/event/minerals-energy-transition/>

25 IEA (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

O cobre se destaca como o metal mais utilizado nas tecnologias de geração de energia elétrica, infraestrutura de transmissão, armazenamento de energia e eletromobilidade. O Banco Mundial identifica alguns minérios hoje essenciais que são utilizados em muitas tecnologias limpas de geração e armazenamento, nos quais mais de oito tecnologias de geração e armazenamento de energia limpa utilizam cobre e molibdênio; ao passo que o lítio, o grafite e o cobalto são necessários para uma ou duas tecnologias, que são utilizadas principalmente no armazenamento de energia.²⁶ A “Internacional Copper Association” informa que o uso médio de cobre num veículo com motor de combustão interna é 23 kg, num veículo elétrico híbrido (HEV) 40 kg, num veículo elétrico híbrido conectável (PHEV) 60 kg, e num veículo elétrico com bateria (BEV), 83 kg.²⁷ Além disso, um veículo elétrico (EV) requer cerca de 10 kg de lítio, enquanto num veículo moderno com motor de combustão interna seu uso é insignificante ou inexistente.

A implantação acelerada de fontes de energia renováveis, tais como a eólica e a solar, bem como a transformação do setor de transportes de CF para VE, prenuncia que a demanda de cobre pode aumentar nesta década em ao menos 30% – isso para cobrir a demanda de usos tradicionais, assim como a demanda adicional proveniente das tecnologias verdes e da infraestrutura a elas relacionada. O lítio, outro componente crítico para os VE e a transição energética, enfrenta um mercado que pode dobrar até 2025²⁸ e mais que triplicar até 2030.²⁹ Por exemplo, as vendas mundiais de VE alcançaram mais de 3,2 milhões em 2020, com um aumento de 43% com relação a 2019, com a Europa substituindo a China como o maior mercado para EV em 2020.

Até hoje, o fornecimento de minérios tem sido capaz de fazer frente ao aumento da demanda, mas assegurar um fornecimento confiável de minérios produzidos de modo sustentável é vital para a TE, para a eletromobilidade e para o objetivo de alcançar zero emissões líquidas até 2050 juntamente com o ODS7. Assim sendo, muito embora a reciclagem e a reutilização de

26 Grupo do Banco Mundial, 2020, Climate Smart Mining Facility, “Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition”,

27 <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2017/06/2017.06-E-Mobility-Factsheet-1.pdf>

28 <https://www.globaldata.com/global-lithium-demand-double-2024-electric-vehicle-battery-production-quadruples/>

29 O Conselho de Mineração da Austrália e a “Commodity Insights” preveem que a demanda de lítio aumentará rapidamente até 2030, de 313 kt de equivalente de carbonato de lítio (LCE) em 2019 para 1.465 kt LCE até 2030. Este prognóstico representa um crescimento geral de 368% durante o período ou uma taxa anual de crescimento de 15.1 por ano. Minerals Council of Australia and Commodity Insights, “Commodity Demand Outlook 2030”, May 2021.

<https://www.minerals.org.au/sites/default/files/Commodity%20Outlook%202030.pdf>

minérios possam desempenhar um papel crucial na redução da mineração adicional, a mineração continuará sendo inevitável para fornecer os minérios essenciais à produção das tecnologias de baixo carbono.³⁰

Chile, um país com recursos essenciais para a TE

O Chile não conta com uma indústria automotriz desde 2008 e todas as vendas de veículos novos são de veículos importados, com vendas de 258.835 automóveis leves e médios e 1.181 caminhões em 2020. O país, apesar de não contar com uma indústria de manufatura automotriz, está fazendo grandes esforços para mudar a frota de veículos de CF para fontes de energia mais limpas.

O impulso da eletromobilidade em nível nacional se apoia em políticas públicas e associações público-privadas, que permitem desenvolver a infraestrutura necessária e a substituição da frota de veículos no país. A partir de 2017, foram definidas de maneira explícita estratégias de trabalho na área da mobilidade elétrica num nível multissetorial, além de serem estabelecidas metas no curto e longo prazos com o intuito de transformar a frota veicular do país, as quais tomaram forma no âmbito da “Estratégia Nacional de Eletromobilidade do Chile”, segundo a qual as principais ações foram centradas na realização dos seguintes objetivos:

- Que em 2040 100% do transporte público urbano seja elétrico;
- Que em 2050 os veículos privados elétricos representem 40% da frota de automóveis.

Além disso, foram identificados outros eixos de desenvolvimento estratégico no tocante à regulação e normas, bem como ao uso do transporte público como alavanca de desenvolvimento, à promoção da pesquisa e desenvolvimento e à transferência de conhecimentos e informações.³¹

Contudo, embora o Chile não conte com uma indústria de manufatura automotriz, o país possui recursos naturais abundantes, tanto renováveis quanto não renováveis. Trata-se de um país dotado de importantes recursos de cobre e lítio, dois minerais essenciais para sustentar a transição energética (TE); no caso do cobre, o Chile representa 28% da produção mundial (Figura 3) e 23% das reservas mundiais (Figura 4), ao passo que no tocante ao lítio, representa 22% da produção mundial (Figura 5) e 44% das reservas mundiais (Figura 6). O país também produz ouro, prata, molibdênio e ferro, entre outros minérios.

30 <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2017/03/ica-copper-recycling-201712-A4-HR2.pdf>

31 <https://energia.gob.cl/electromovilidad>

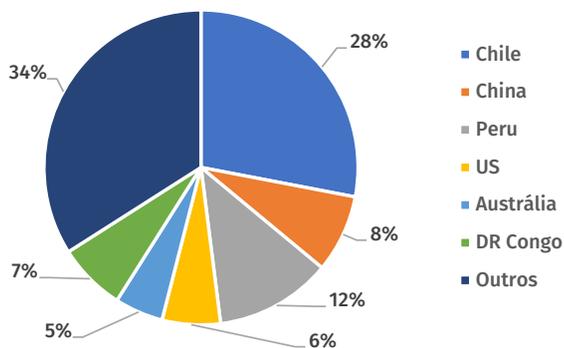


Figura 3. Participação na produção mundial 2019 Cu.
Produção mundial 20.000 milhares de toneladas métricas finas.

Fonte: Conselho de Mineração e Cochilco.

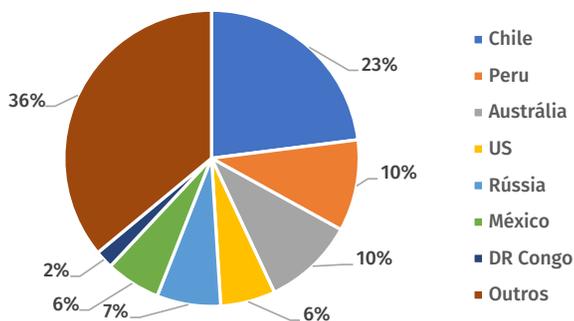


Figura 4. Participação nas reservas mundiais 2019 Cu.
Reservas mundiais 870.000 milhares de toneladas métricas finas.

Fonte: Conselho de Mineração e Cochilco.

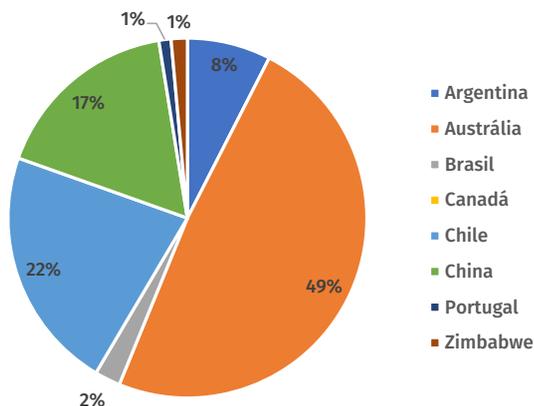


Figura 5. Participação na produção mundial 2020 Li.

Fonte: USGS.

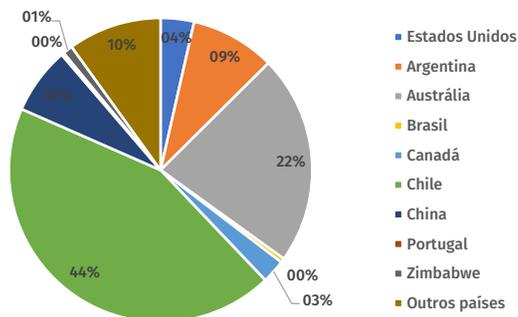


Figura 6. Participação nas reservas mundiais 2020 Li.

Fonte: USGS.

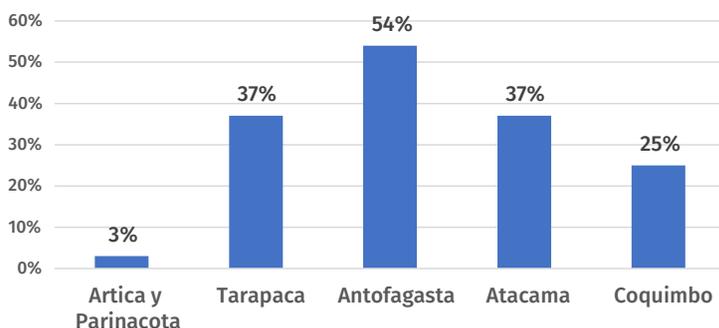


Figura 7. Mineração como % do PIB regional Macro Zona Norte.

Fonte: Conselho de Mineração e Cochilco.

Sujeito às variações dos preços das matérias-primas, o setor da mineração representa 10% do PIB e 51% das exportações do país, onde 91% das exportações de minérios são de cobre. A atividade de mineração contribui com 7% das receitas do governo, e na região de Antofagasta, ela representa 54% do PIB regional (Figura 7). Além disso, trata-se de uma indústria que investiu mais de 90 bilhões de dólares na década de 2010, o que equivale a 22% do total de investimentos.

Juntamente com os recursos minerais, o país tem condições naturais privilegiadas para o desenvolvimento das energias renováveis, com um dos melhores locais de radiação solar do mundo no deserto do Atacama ao norte, com um potencial de energia solar total estimado de 1800 GW, e condições de vento com um potencial estimado de 37 GW, particularmente na região de Magalhães no sul. Ademais, desde o início da última década, isso foi propício ao desenvolvimento de uma indústria elétrica robusta baseada em fontes renováveis, as quais tiveram um aumento significativo na matriz elétrica

(Figuras 8 e 9), a qual, ao mesmo tempo em que se beneficiava das condições naturais favoráveis, aproveitou-se também de um arcabouço regulatório e de políticas energéticas que favoreceram a implantação das ERNC – onde, sem contar a capacidade de geração das grandes centrais hidrelétricas, as ERNC em 2021 representaram 22% da energia elétrica produzida, a partir de menos de 3% do que representavam em 2010.

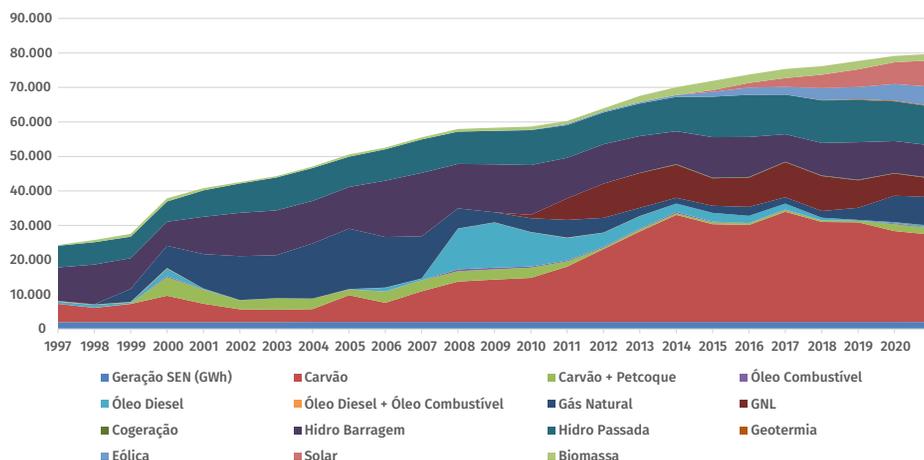


Figura 8. Geração SIC + SING e SEN por combustível, 1996-2020 GWh.

Fonte: CNE, GWh.

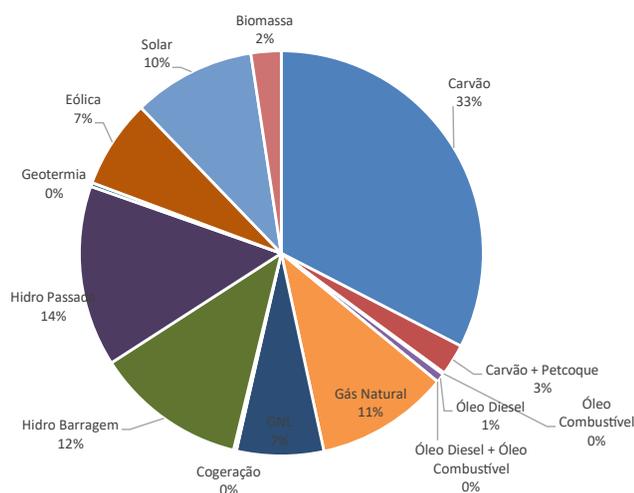


Figura 9. Geração SEN em % por fonte 2020, 77.696 GWh.

Fonte: CNE.

O país também conta com condições favoráveis para desenvolver uma indústria de hidrogênio verde (GH₂), a qual vem recebendo um forte impulso, dadas as perspectivas favoráveis deste elemento que poderia chegar a satisfazer 18% do consumo energético global no ano de 2050.³² O Chile pode aproveitar a abundância de recursos como a radiação solar no deserto do Atacama e o vento na região de Magalhães, as quais colocam o país como uma das regiões com os menores custos projetados para produzir GH₂. A Estratégia Nacional de Hidrogênio Verde anunciada pelo Governo³³ almeja produzir GH₂ doméstico em ao menos dois vales do país em 2025 e a ser um fornecedor global de combustíveis sintéticos solares até o ano de 2030.³⁴ Além disso, existem várias aplicações e usos que para o GH₂ no Chile e no mundo, como por exemplo, um combustível que substitua o uso de CF na mineração e nos transportes, ou como um portador que permita o armazenamento de ERNC de operação variável.

A TE oferece importantes oportunidades para os países com tradição mineradora e recursos essenciais para as novas tecnologias limpas. E nisso o Chile, com seu cobre e seu lítio, pode desempenhar um papel significativo e crescente como ponto de partida crucial na cadeia de fornecimento para grande parte da economia global e para a transformação energética. Com esse intuito, portanto, o país necessita extrair esses recursos de modo compatível com o Acordo de Paris e o ODS7, ao mesmo tempo em que contribui para o seu povo, bem como sua economia regional e nacional.

Sustentabilidade nos não renováveis, e cultivemos os renováveis

O Chile desenvolveu uma indústria mineradora e energética de classe mundial, na qual estão presentes as principais empresas do Chile e do mundo e, ano após ano, mobilizam importantes montantes de capital como investimento direto e geração de empregos, contribuindo para as comunidades locais, regionais e para a economia do país. A Macrozona Norte do país é um centro de classe mundial na mineração e na energia, com uma participação cada vez maior das ERNC na matriz elétrica.

32 Hydrogen Council November (2017), “A sustainable pathway for the global energy transition: Hydrogen scaling up”. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>

33 https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf

34 Segundo a Estratégia Nacional de Hidrogênio Verde, baseada num estudo de McKinsey & Company, espera-se que o GH₂ produzido no deserto do Atacama e na Região de Magalhães alcance o custo de produção nivelado mais baixo do planeta até 2030.

O importante desenvolvimento que vem tendo o país nas indústrias de mineração e energia traz novos desafios, que devem ser abordados a fim de manter a competitividade do setor e para poder, desse modo, fazer contribuições significativas a partir delas aos objetivos do Acordo de Paris e o ODS7 no que tange à TE e à eletromobilidade.

No tocante à mineração, os principais desafios sobre os quais o país deve debruçar-se são:

- Queda da lei de minérios.
- Aumento dos custos da mineração.
- Emissões de CO₂e.³⁵
- Rejeitos e resíduos.³⁶
- Uso da água e de tanques de evaporação
- Aspiração para potencializar o valor agregado das matérias primas
- Fazer frente à crescente demanda de minérios de maneira sustentável
- Criação de empregos, educação e inovação em nível local

Também deve ser abordada adequadamente a crescente participação de ERNC na matriz elétrica e os impactos que estas têm na operação do setor, no qual em 2021 representaram cerca de 22% da energia produzida. Esses impactos se apresentam em relação ao fornecimento de energia e seu despacho imediato, por falta de capacidade de armazenamento, como ocorre com algumas das novas tecnologias limpas, como a energia solar fotovoltaica e a eólica. As tecnologias limpas impõem novos desafios para a operação e integração dos sistemas, tendo em vista que:

- Fornecem energia com maior variabilidade diária em comparação com outras, como a hidráulica, cuja variação é sazonal.
- Eliminam o custo marginal do sistema (CMgS).
- Substituem a geração de base, como no caso das centrais térmicas a carvão.
- Influenciam a operação eficiente e os custos das outras unidades de geração (segmento de rampas e seu impacto sobre o aumento nas emissões de CO₂).

35 Emissões significativas de GEI derivadas das atividades de mineração e do processamento que consomem muita energia e que poderiam aumentar de maneira significativa com uma maior demanda de minérios.

36 Além de outros efeitos, como perda de biodiversidade e perturbação social devido a mudanças no uso da terra, esgotamento e poluição da água, poluição relacionada a resíduos e poluição do ar.

- Impõem uma maior supervisão ao funcionamento do sistema (coordenação, projeções de operações, liquidação e planejamento do mercado).
- Inclusive se houver excesso de capacidade, pode ser temporal e frágil em termos de poder contribuir com energia ao sistema.

Não obstante os desafios para um ingresso maciço das ERNC no Sistema Elétrico Nacional (SEN), as ERNC proporcionam segurança energética, como é o caso do Chile, com uma alta dependência de CF importados, que importa mais de 95% de seu consumo, e que lhe permitiram reduzir as emissões locais e de CO₂ como já foi evidenciado pela pegada de carbono do SEN, baixando de 0,4187 tCO₂e/MWh em 2018 até 0,4056 tCO₂e/MWh em 2019 e a 0,3834 tCO₂e/MWh em 2020.³⁷

O desafio para a operação do sistema elétrico com volumes crescentes de ERNC é a flexibilidade face à maior variabilidade de geração elétrica de algumas ERNC (Figura 10), em termos da resiliência que deve ser construída no sistema em função de mudanças ou variações dependendo de circunstâncias ou de necessidades. Conclui-se a partir disso que:

- A flexibilidade é uma característica da capacidade, da rede e da demanda.
- A flexibilidade tem muitas dimensões de tempo distintas
 - Exemplo: uma bateria tem flexibilidade no curto prazo, mas já não é flexível no longo prazo
- A flexibilidade não é um produto independente da capacidade e das tecnologias disponíveis

A fim de incrementar sua contribuição à TE e à eletromobidade global, o Chile deve abordar os desafios que enfrenta no desenvolvimento de suas indústrias mineradoras, particularmente o cobre e o lítio, bem como do setor energético de potência, que verá quantidades crescentes de ERNC na matriz elétrica, na qual o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e a integração de sistemas terão um papel preponderante.

³⁷ SistemaElétricoNacionalSEN, <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>

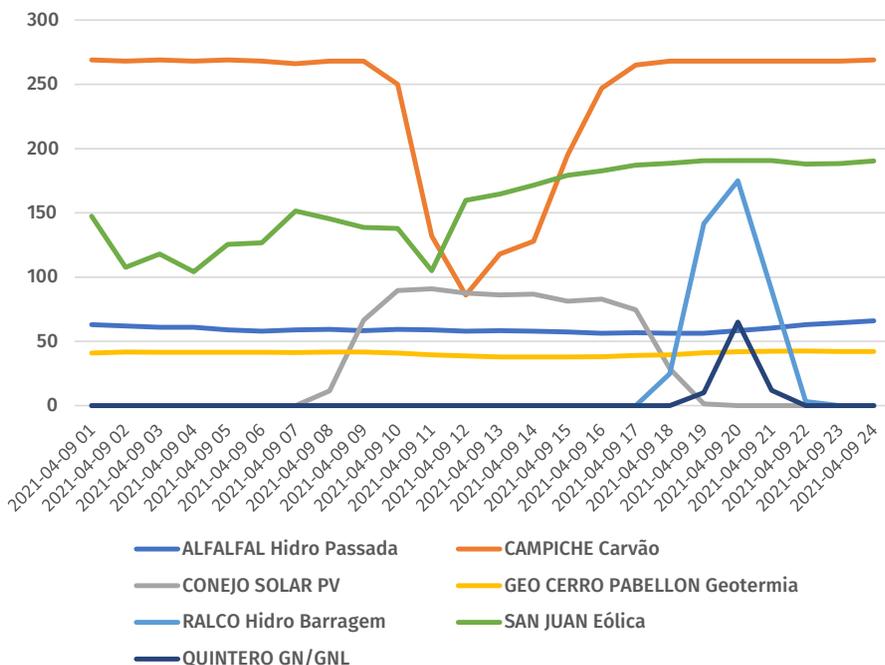


Figura 10. Mostra de geração elétrica por tecnologia (MWh, 04-09-2021).

Fonte: CEN.

Chile, Laboratório Natural para o outro extremo da TE e da eletromobilidade

O Chile conta em seu território com uma série de condições de natureza única em escala global, as quais constituem vantagens comparativas para o desenvolvimento científico através dos laboratórios naturais.³⁸ Isso levou o país a buscar um posicionamento como laboratório natural para o desenvolvimento de ciência e tecnologia, campo no qual existem vantagens comparativas, como ocorre na Macrozona Norte do país. Por exemplo, no que tange à observação astronômica, onde atualmente o país ostenta 40% da observação astronômica do mundo e onde, ao somar-se dentro de pouco tempo o

³⁸ José Miguel Aguilera R (2018), “Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e innovación con ventaja”, ASIN: B07GNP22H9, Ediciones UC, Chile. <https://academiadiplomatica.cl/laboratorios-naturales-ventajas-comparativas-para-chile-un-desafio-para-la-diplomacia-y-la-ciencia/> <https://www.latercera.com/pulso/noticia/laboratorios-naturales-chile/227792/>

Telescópio Gigante de Magalhães³⁹ e o Telescópio Extremamente Grande⁴⁰, posicionarão o país como “a capital mundial da astronomia”.⁴¹

Durante a última década, o país estabeleceu um número de centros de pesquisa de alto nível trabalhando no desenvolvimento de tecnologias em energias renováveis.⁴² Hoje, o Chile procura dar um forte impulso para desenvolver um novo laboratório natural, o que também se dá na Macrozona Norte, em torno da indústria da mineração e o aproveitamento da grande radiação solar.⁴³

A Macrozona Norte do país se destaca como um laboratório natural para o desenvolvimento de tecnologias limpas que aproveitam a radiação solar abundante e permitem melhorar a sustentabilidade da indústria mineradora no Chile. Neste objetivo, a Macrozona Norte conta com importantes vantagens propiciadas pelos seguintes fatores:

- A abundância de seus recursos minerais, como cobre, lítio e molibdênio.
- Ser um centro de empresas mineradoras de classe mundial, em mineração metálica e não metálica, com grande apetite para incrementar a sustentabilidade de suas indústrias e limpar a sua matriz energética baseada no uso de CF.
- Uma das regiões do mundo com as maiores radiações solares, superando os 7,5 KWh/m²/dia.⁴⁴
- Ser um destino preferido para empresas de energia de classe mundial, que de maneira acelerada vêm transformando a matriz energética baseada em CF numa baseada no uso de energias renováveis. Atualmente, 22% da geração advém de fontes renováveis (sem considerar as grandes hidrelétricas), em comparação com 3% em 2010.

39 <https://www.gmto.org/>

40 <https://elt.eso.org/>

41 <https://www.explora.cl/blog/el-rol-protagonico-de-chile-en-la-astronomia-internacional/>

42 Justin Miller y Lisa Viscidi (2016), “Innovación en energía limpia en América Latina”, Diálogo Interamericano y CAF - Banco de Desarrollo de América Latina. <http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2016/02/Innovaci%C3%B3n-en-energ%C3%ADa-limpia-en-Am%C3%A9rica-Latina-3.pdf>

43 <https://investchile.gob.cl/es/porquechile/tendencia/>; Informe primer año de trabajo Consejo para la Ciencia, Tecnología e Innovación entre Chile y Estados Unidos <https://www.ecosisteam.cl/wp-content/uploads/2019/10/Informe-del-Consejo-CTI-Chile-Estados-Unidos-2019.pdf>

44 Explorador Solar Ministerio de Energía Chile: <https://solar.minenergia.cl/mediciones>; y Banco Mundial: <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/solar-photovoltaic-power-potential-by-country>

- Importantes capacidades instaladas, com uma infraestrutura sólida de rodovias e portos.
- Ambiente empresarial líder no sul e um apetite para aumentar o valor agregado dos recursos naturais, criar novas indústrias e aproveitar o grande potencial da radiação solar.

De acordo com a AIE e dependendo do cenário energético considerado, entre 1/3 e 1/2 das reduções das emissões acumuladas necessárias para alcançar emissões líquidas zero, provém de tecnologias que não estão disponíveis comercialmente hoje em dia.⁴⁵

O Chile reconhece que as indústrias extrativas são o ponto de partida da cadeia de fornecimento de uma parte importante da economia mundial e da transformação da energia. Aproveitando as vantagens como o Laboratório Natural que caracterizam a Macrozona Norte em mineração e energia, com abundante radiação solar e usando o desenvolvimento de ciência e tecnologia, o país tem a opção de fazer uma contribuição significativa rumo aos objetivos do Acordo de Paris e aos ODS7 e ODS13, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias limpas e a integração de sistemas fazendo da mineração uma indústria mais sustentável e com menores emissões de CO₂e, o desenvolvimento de novos materiais e produtos minerais de maior valor agregado, como aqueles envases de lítio para a fabricação de baterias, bem como o desenvolvimento de uma indústria de combustíveis solares sintéticos, como o hidrogênio, o amoníaco e a hidracina.

Em 2018, a agência de desenvolvimento do Estado, a “Corporação de Fomento da Produção” – Corfo – anunciou uma licitação internacional⁴⁶ para criar na Macrozona Norte um Instituto de Tecnologias Limpas financiado com recursos disponibilizados pelas empresas produtoras de lítio do país,⁴⁷ e que é a principal iniciativa de pesquisa e desenvolvimento articulada a

45 IEA (2020) “Energy Technology Perspectives 2020”, onde se destaca que “*pouco mais de um terço das reduções de emissões acumuladas no cenário de desenvolvimento sustentável provém de tecnologias que não estão disponíveis comercialmente no momento atual. No caso de inovação mais rápida, esta proporção se eleva à metade*”. Onde “*o cenário de desenvolvimento sustentável alcança emissões líquidas zero do setor energético em cinco décadas graças a uma ambiciosa mudança tecnológica e a sistemas de inovação otimizados comparáveis às histórias de êxito de inovação em tecnologias de energia limpa mais rápidas e exitosas da história. O caso de inovação mais rápida é um caso especial do cenário de desenvolvimento sustentável centrado em esticar os propulsores de inovação subjacentes para adiantar as emissões líquidas zero até 2050*”.

46 https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/instituto_de_tecnologias_limpias_fase_rfp

47 <https://www.mch.cl/reportajes/los-detalles-del-acuerdo-corfo-sqm/#>

partir do Estado em décadas nesta área.⁴⁸ O objetivo da licitação é criar um Instituto autossustentável em benefício da Macrozona Norte do Chile, com um modelo de autogoverno aberto para avançar na tecnologia energética, aproveitando a mineração e os materiais avançados, ao mesmo tempo em que melhora o desenvolvimento da força de trabalho e o ecossistema empresarial. Em janeiro de 2021, a licitação foi outorgada⁴⁹ a um consórcio liderado pela “Associated Universities, Inc.”^{50 51}, onde se buscará fortalecer o desenvolvimento regional e nacional, com o intuito de impulsionar a energia solar, a mineração sustentável e materiais avançados de lítio e outros minerais, além do hidrogênio verde.

Com ações adotadas pelo Estado e pelo setor privado, o Chile está antecipando na indústria extrativa – particularmente no tocante ao cobre e ao lítio e usando o grande potencial da energia solar por meio do desenvolvimento de ciência e tecnologia – o desenvolvimento e adoção urgentes de tecnologias limpas, numa aposta para exercer um papel preponderante como ponto de partida para grande parte da economia global, a TE e a eletromobilidade.

O país tem a oportunidade de contribuir a partir do Sul no outro extremo da TE e da Eletromobilidade aos objetivos do Acordo de Paris e da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU, em particular o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável Número 7 (ODS7), no que tange à energia e o 13 acerca das Mudanças Climáticas, através da promoção do desenvolvimento de ciência e tecnologia para poder reverter seus baixos níveis de investimento em pesquisa e desenvolvimento (P+D), que alcançam tão somente 0,35% do Produto Interno Bruto (PIB). Em nível global, se investe 2,13% do Produto em pesquisa e desenvolvimento, nos países da OCDE se investe 2,48%, enquanto na América Latina e no Caribe esse investimento chega a 0,82%, mais que o dobro do Chile. Há países que, como porcentagem do PIB, investem até 10 vezes mais que o Chile, segundo dados da OCDE e do Banco Mundial;⁵² por exemplo, Israel investe 4,93% e a Coreia do Sul, 4,64%. Os Estados Unidos investe 3,07%, Singapura 1,84%, Estônia 1,61%, Portugal 1,40%, Eslovênia 2,04% e a Espanha, 1,25%. Em termos do registro

48 <https://www.energias-renovables.com/panorama/cuatro-consorcios-se-proponen-para-desarrollar-el-20200403>

49 https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476727520687&d=Touch&page name=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FcorfoDetalleNoticiaNacionalWeb

50 <http://www.aui.edu>

51 <https://www.energias-renovables.com/panorama/un-consorcio-universitario-estadounidense-del-que-participa-20210105>

52 <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
<https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>

de patentes de invenções (PI), o Chile ocupa a posição 51 em nível global, e na América Latina está abaixo do Brasil, México, Argentina e Colômbia.

Nas economias desenvolvidas, uma das principais molas propulsoras do crescimento econômico e da criação de melhores empregos é a inovação. Existe, além disso, clareza acerca dos determinantes do crescimento econômico, de que as vantagens comparativas se constroem a partir de dentro, a partir da inovação com investimentos na ciência e no desenvolvimento de novas tecnologias, processos e produtos. Neste âmbito, ademais, uma falência em nível agregado no Chile está nos baixos níveis de investimento em pesquisa e desenvolvimento, razão da necessidade de políticas públicas, como as que visam à criação do Instituto de Tecnologias Limpas, que incentivem no setor privado maiores níveis de investimento em P+D, que permitam alavancar esse terceiro motor de crescimento econômico⁵³ e que façam com que o país alcance o limiar de renda dos países desenvolvidos; todas essas medidas são fundamentais para propiciar esse grande impulso de crescimento e ganhos de produtividade que são atingidos a partir da inovação e do desenvolvimento de novos processos e produtos e, por meio do desenvolvimento de tecnologias limpas, pode-se contribuir para os objetivos do Acordo de Paris e os ODS da ONU.

Conclusão

Com seus recursos naturais e minerais abundantes, o Chile está posicionado para exercer um papel significativo como ponto de partida na cadeia de fornecimento para grande parte da economia global e na TE. Em razão disso, a forma pela qual nossos recursos naturais e minerais são extraídos e geram valor deve ser coerente com os objetivos das mudanças climáticas, bem como as normas sociais e ambientais.

O Chile tem um forte compromisso com os ODS e com o Acordo de Paris, e em 2020 aumentou a ambição nas suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). Hoje, portanto, se reconhece no desenvolvimento da ciência e tecnologia um papel central no sucesso de tais objetivos. Tanto as autoridades de governo quanto os atores locais estão cientes disso, o que se reflete nas múltiplas iniciativas convocadas pelo Estado para que, com o uso

53 Israel se destaca atualmente como a nação com o maior nível de investimentos em P&D, o que levou o país a ser um exemplo de transformação econômica, desenvolvimento de ciência e tecnologia e de novas empresas baseadas no conhecimento. Dan Senor and Saul Singer (2011), *Startup Nation: The Story of Israel's Economic*. Council of Foreign Relations, Twelve Hachette Group Book, NY - EE.UU.

da ciência e o desenvolvimento de tecnologias, se avance na melhoria da sustentabilidade e do valor local dos recursos naturais e minerais.

Em muitas áreas, o Chile conta com laboratórios naturais, e a Macrozona Norte reúne condições excepcionais para o desenvolvimento e escalamento de tecnologias limpas, ligadas ao aproveitamento da energia solar e os abundantes recursos minerais, situação que se beneficia da existência de:

- Um cluster de empresas mineradoras de classe mundial em cobre, lítio e outros minérios, com grande necessidade de avançar em sua sustentabilidade e limpar sua matriz energética.
- Uma diversidade de empresas de energia de classe mundial, que de maneira acelerada estão transitando rumo às ERNC.
- Importantes capacidades instaladas, além de infraestrutura, rodovias e portos.
- Ambiente empresarial líder no sul, com um apetite cada vez maior para aumentar o valor agregado dos recursos e criar novas indústrias, como a do hidrogênio verde.

As ações do Estado com vistas à promoção da ciência e do desenvolvimento de tecnologias criam as oportunidades para abordar os riscos do Chile ao estar na primeira linha para responder a um grande aumento da demanda por minérios, aos riscos como o aumento de emissões de CO₂e, bem como riscos sociais e ambientais relacionados ao fornecimento de água, à poluição e aos resíduos, além das necessidades de escalamento do conhecimento e de capacidades, entre outros.

De acordo com a AIE, entre 1/3 e 1/2 das reduções de emissões acumuladas necessárias para atingir emissões líquidas zero a fim de alcançar uma rota condizente com os objetivos do Acordo de Paris. provém de tecnologias que hoje não estão disponíveis comercialmente. Usando a ciência e o desenvolvimento de tecnologias limpas e boas políticas públicas, além de royalties na mineração que lhe permitam ser mais competitivo, o Chile pode contribuir globalmente com os minérios exigidos pela TE, juntamente com novas tecnologias limpas, que darão maior sustentabilidade à mineração. Se promovermos um ambiente de negócios propício ao investimento e ao desenvolvimento tecnológico, o país poderá aspirar a que, nesta década, os investimentos no setor da mineração superem a marca de mais de 90 bilhões de dólares da década passada, o que lhe permitirá exercer um papel fundamental na TE e escalar, além disso, as cadeias globais de fornecimento, bem como a geração de maiores capacidades e de empregos em nível local.

Referências

- AGUILERA R. J.M. *Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e innovación con ventaja*, ASIN: B07GNP22H9, Ediciones UC, Chile, 2018.
- ANAC. Informe del Mercado Automotor, diciembre, 2020. Disponível em: <https://www.anac.cl/2020/12/>
- BANCOMUNDIAL. *Energíasolarpotencialporpaís*, 2021. Disponível em: <https://www.world-bank.org/en/topic/energy/publication/solar-photovoltaic-power-potential-by-country>
- BIPARTISAN POLICY CENTER. Webinar *Critical Minerals are Key in the Energy Transition*, Washington D.C. EE.UU, 2021. Disponível em: <https://bipartisanpolicy.org/event/minerals-energy-transition/>
- CENTRO DE DESARROLLO ENERGÉTICO ANTOFAGASTA (CDEA). 2021. Disponível em: <https://www.cdeaua.cl/instalaciones/plataforma-solar-del-desierto-de-atacama-psda/>
- CONSEJO MINERO. *Cifras actualizadas de la minería*, 2021. Disponível em: <https://consejominero.cl/en/mining-in-chile/updated-mining-figures/>
- CONSEJO PARA LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN ENTRE CHILE Y ESTADOS UNIDOS. *Informe primer año de trabajo*, 2019. Disponível em: <https://www.ecosisteam.cl/wp-content/uploads/2019/10/Informe-del-Consejo-CTI-Chile-Estados-Unidos-2019.pdf>
- CORFO. *Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad*, 2021a. Disponível em: https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/centro_para_el_desarrollo_de_la_electromovilidad
- CORFO. *Centro de Economía Circular Macrozona Norte*, 2021b. Disponível em: https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/centro_de_economia_circular_macro_zona_norte
- CORFO. *Convocatoria Instituto de Tecnologías Limpias, fase RFP*, 2021c. Disponível em: https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/instituto_de_tecnologias_limpias_fase_rfp
- DELEVINGNE, L.; GLAZENER, W.; GRÉGOIR, L.; HENDERSON, K. *Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know*. McKinsey Sustainability, 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/climate-risk-and-decarbonization-what-every-mining-ceo-needs-to-know>
- SENR, D.; SINGER, S. *Start-up Nation: The Story of Israel's Economic*. New York: Council of Foreign Relations, Twelve Hachette Group Book, 2011.
- GLOBALDATA. *Global lithium demand to more than double by 2024, as electric vehicle battery production quadruples*, 2020. Postado em 8 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.globaldata.com/global-lithium-demand-double-2024-electric-vehicle-battery-production-quadruples/>
- GRUPO BANCO MUNDIAL. *Climate Smart Mining Facility, Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*, 2020.
- HYDROGEN COUNCIL. *A sustainable pathway for the global energy transition: Hydrogen scaling up*, 2017. Disponível em: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>

INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION COPPER ALLIANCE. *Copper recycling*, 2017. Disponível em: <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2017/03/ica-copper-recycling-201712-A4-HR2.pdf>

IEA (International Energy Agency). *World Energy Outlook Special Report, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition*, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

IEA. *Global EV Outlook 2021*, 2021a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

IEA. *Energy Technology Perspectives 2020*, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

INVESTCHILE. *Laboratorio natural para probar nuevas tecnologías y negocios sustentables*, 2021. Disponível em: <https://investchile.gob.cl/es/porquechile/tendencia/>

LLANOS, C. *Laboratorios naturales: ventajas comparativas para Chile. Un desafío para la diplomacia y la ciencia*, 2020. Disponível em: <https://academiadiplomatica.cl/laboratorios-naturales-ventajas-comparativas-para-chile-un-desafio-para-la-diplomacia-y-la-ciencia/>

LARRAÍN, F. *Laboratorios naturales para Chile*, 2018. Disponível em: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/laboratorios-naturales-chile/227792/>

MILLER, J.; VISCIDI, L. *Innovación en energía limpia en América Latina*, Diálogo Interamericano y CAF - Banco de Desarrollo de América Latina, 2016. Disponível em: <http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2016/02/Innovaci%C3%B3n-en-energ%C3%ADa-limpia-en-Am%C3%A9rica-Latina-3.pdf>

MINERALS COUNCIL OF AUSTRALIA AND COMMODITY INSIGHTS. *Commodity Demand Outlook 2030*, 2021. Disponível em: <https://www.minerals.org.au/sites/default/files/Commodity%20Outlook%202030.pdf>

MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE. *Explorador Solar Ministerio de Energía Chile*, 2021. Disponível em: <https://solar.minenergia.cl/mediciones>

MINISTERIO DE ENERGÍA DE CHILE. *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde*, 2020. Disponível em: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf

MINISTERIO DE ENERGÍA; MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. *Estrategia Nacional de Electromovilidad*, 2017. Disponível em: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf

MMA (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE). *Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2020*, 2020. Disponível em: https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf

OLADE. *At cop25 10 countries in Latin America and the Caribbean are committed to contribute to reach 70 of renewable energy in the region*, 2019. Disponível em: <http://extranet.olade.org/noticias/at-cop25-10-countries-in-latin-america-and-the-caribbean-are-committed-to-contribute-to-reach-70-of-renewable-energy-in-the-region/?lang=en>

PORTAL MINERO. *Plataforma Solar Desierto de Atacama inaugura primera etapa del proyecto*, 2015. Disponível em: <http://www.portalminero.com/display/NOT/2015/08/19/Plataforma+Solar+Desierto+de+Atacama+inaugura+primera+etapa+del+proyecto>

SENADO DE CHILE. *Proyecto de ley que fija Ley Marco de Cambio Climático*, 2020. Disponível em: https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=13191-12

SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (SEM), 2021. Disponível em: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>

USGS. *Lithium Statistics and Information*, 2021. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/lithium-statistics-and-information>

Mobilidade elétrica no Uruguai

Virginia Echinope

O setor energético no Uruguai

O setor energético uruguaio é caracterizado por uma alta participação da energia a partir do uso da biomassa e do petróleo e seus derivados. A participação predominante dessas fontes se manteve ao longo dos últimos dez anos com variações que chegaram a posicionar a biomassa dentro das fontes com maior participação entre as fontes energéticas no Uruguai (Figura 1).

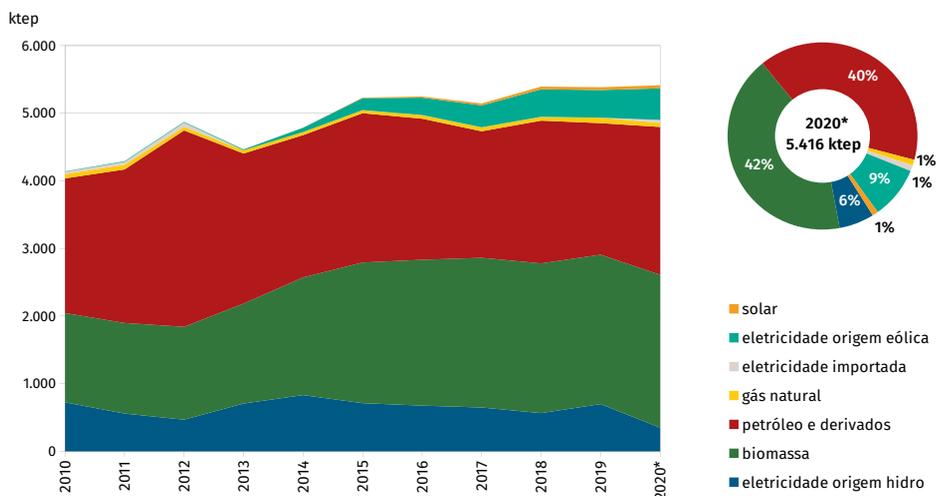


Figura 1. Abastecimento de energia por fonte, participação histórica.

Fonte: Dados do Balanço Energético Preliminar (MIEN-DNE, 2020).

Entretanto, a participação do petróleo e seus derivados tem um peso importante. No ano de 2020, a mesma alcançou 40%, segundo os dados do Balanço Energético Preliminar (MIEM-DNE, 2020), muito embora o ano de 2020 tenha sido atípico em razão da pandemia de COVID-19 e por ter registrado

uma disponibilidade de energia de origem hidrelétrica muito abaixo da média. Quando se analisa o ano de 2019, vê-se que, embora a participação do petróleo e seus derivados tenha sido menor, ela continua sendo relevante na medida em que representa 36 % dentre as fontes de abastecimento de energia.

Ao aprofundar-se a análise no tocante a essas porcentagens, constata-se que é o setor de transportes o responsável pela maior parte desse consumo. Em particular, no ano de 2019, o mesmo representou 81% da demanda por derivados de petróleo¹.

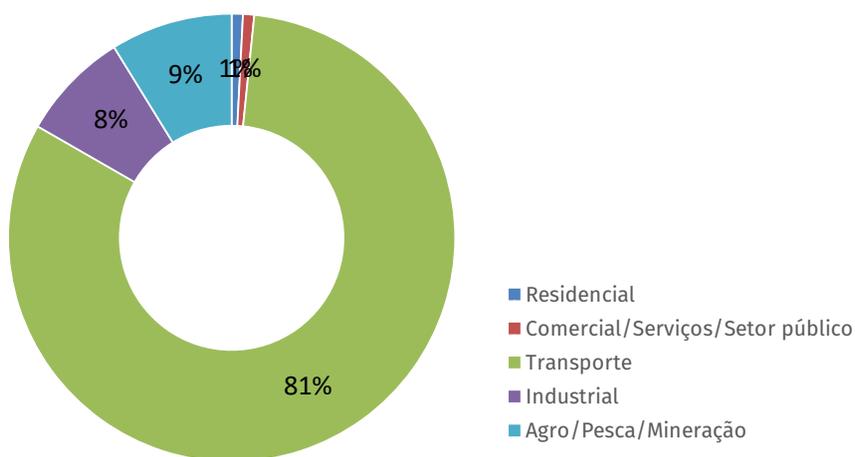


Figura 2. Consumo de derivados de petróleo por setor, 2019.

Fonte: Elaboração própria com base em MIEM-DNE, 2020b.

Para um país como o Uruguai, desprovido de recursos domésticos de origem fóssil (o país não possui reservas provadas de petróleo, gás natural e carvão), esta dependência tão importante de uma fonte energética importada é um elemento que marcou o desenvolvimento do sistema energético.

A forte participação dos derivados de petróleo nos transportes, bem como sua relevância como fonte energética na matriz global do país, se reflete na responsabilidade máxima deste setor no que tange às emissões de CO₂, as quais representaram 56% do total de emissões no ano de 2020.

¹ Segundo dados do Balanço Energético Preliminar, no ano de 2020, o consumo do setor de transportes representou 79% do consumo total dos derivados de petróleo.

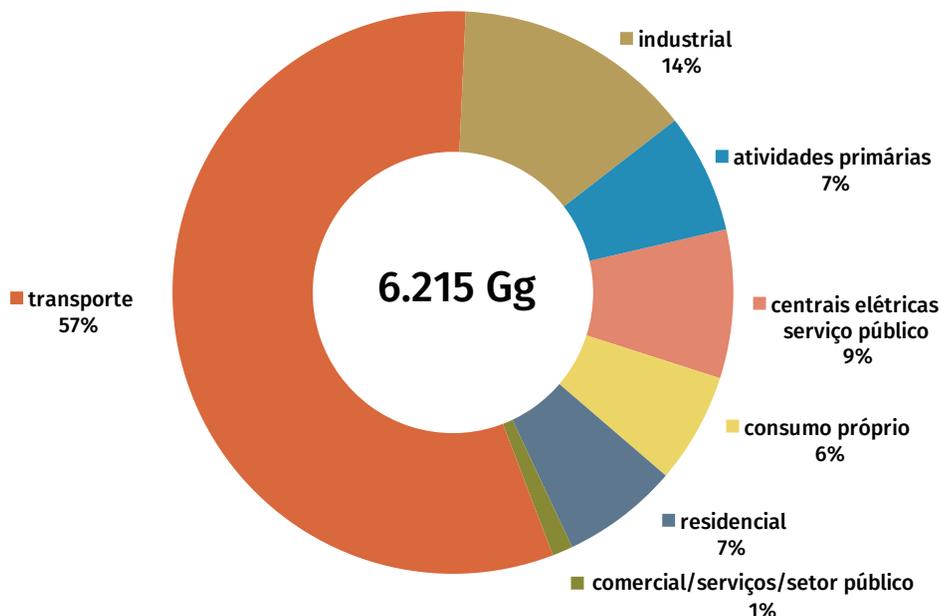


Figura 3. Emissões de CO₂ por setor, Matriz 2020.

Fonte: MIEM-DNE, 2020b.

O sistema elétrico no Uruguai

Neste contexto, a análise do setor elétrico e suas alternativas de desenvolvimento futuro, revestem-se de relevância especial.

A ausência de recursos fósseis domésticos tem sido um dos motivos para o amplo desenvolvimento da energia hidráulica como fonte para a produção de energia elétrica no país. O sistema de geração de energia elétrica no Uruguai teve historicamente uma base importante de energia hidrelétrica, que se caracteriza por uma alta variabilidade interanual. A potência total instalada de geração hidrelétrica ascende a 1.538 MW, o que representa 31% da potência total instalada no sistema (MIEM-DNE, 2020).

A variabilidade interanual da energia hidrelétrica historicamente foi complementada pela operação de centrais térmicas, o que gerava enormes variações no custo de abastecimento da demanda, dependendo das condições hidráulicas e do preço internacional do petróleo.

Esse contexto foi um dos gatilhos para que, a partir do ano de 2006 (Decreto 77/006), fossem tomadas as primeiras decisões em prol da incorporação da energia eólica, as quais se aprofundaram durante os dez anos seguintes,

agregando também o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica – embora em menor medida – e, obviamente, a incorporação da biomassa.

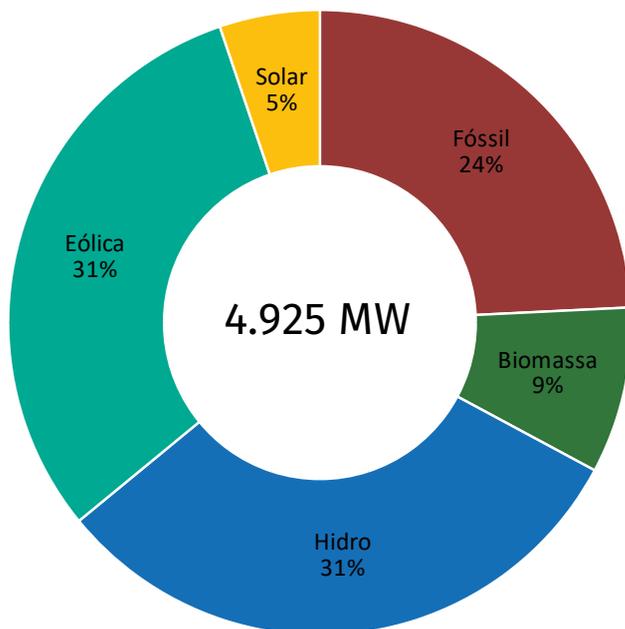


Figura 4. Potência instalada por fonte.

Fonte: Elaboração própria com base em MIEM-DNE, 2020b.

Na Figura 5, pode-se observar essa evolução e verificar a elevada porcentagem que, dentro do total de energia elétrica gerada e importada, foi representada pela energia eólica nos últimos anos.

O desenvolvimento das energias renováveis variáveis como a eólica e a solar impôs vários desafios ao desenvolvimento do setor elétrico, não apenas do ponto de vista da infraestrutura, mas também das estratégias para seu melhor aproveitamento do ponto de vista operacional.

As centrais eólicas (e fotovoltaicas) no Uruguai estão sujeitas ao despacho do Administrador do Mercado Elétrico (ADME), embora elas possuam um custo variável definido igual a zero e gerem se houver vento (ou energia solar) disponível, contanto que não haja alguma indisponibilidade declarada. Situações como as refletidas na Figura 6, na qual o abastecimento da demanda se dá a partir de fontes 100% renováveis e onde se verifica que, em horas da madrugada, a energia disponível supera a demanda nacional, costumam ser comuns atualmente no sistema elétrico do Uruguai.

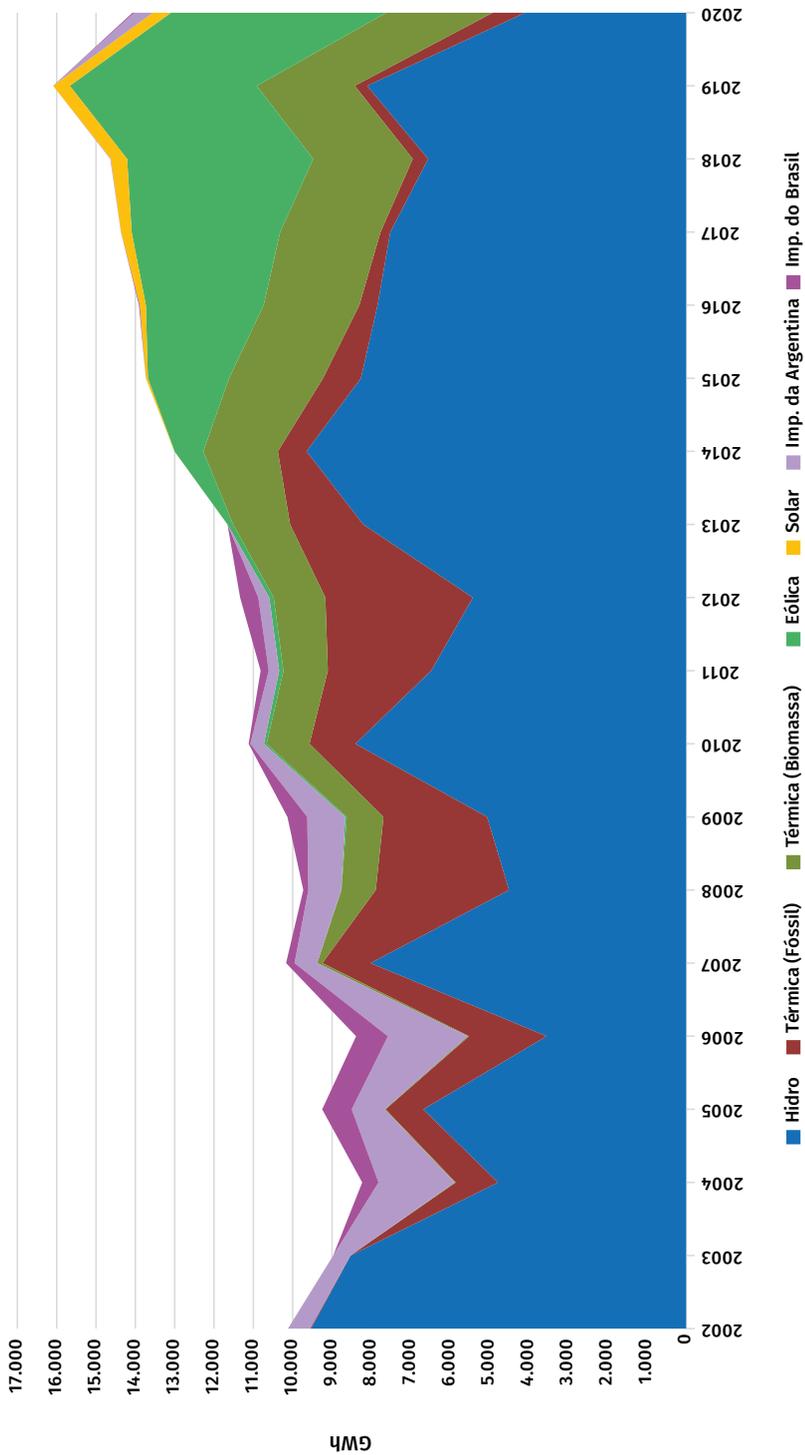


Figura 5. Geração de eletricidade por fonte e importação por país de origem.

Fonte: Elaboração própria com base em MIEI-DNE, 2020b.

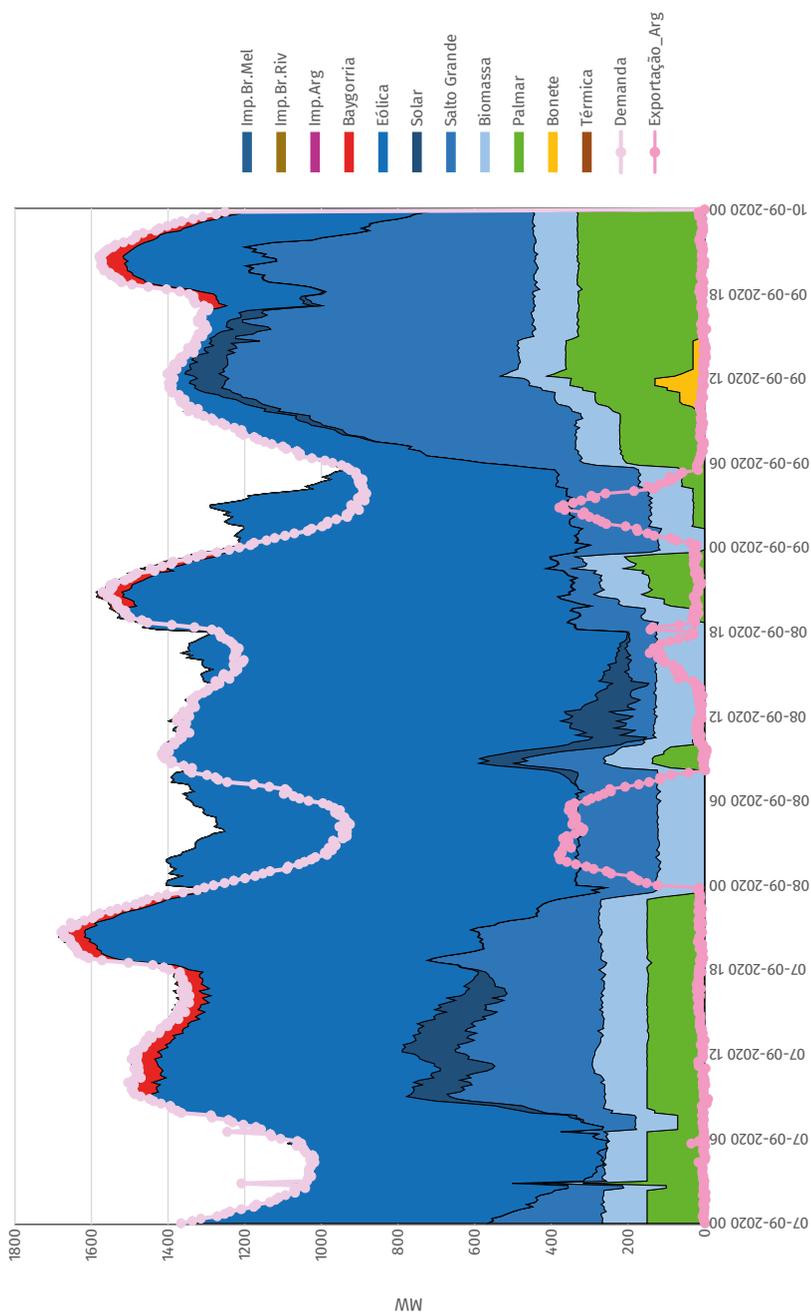


Figura 6. Despacho das últimas 48 horas (07.09.2020 a 10.09.2020)

Fonte: <https://www.adme.com.uy/>

Essas situações são e continuarão a ser corriqueiras no sistema elétrico. Na medida em que as energias renováveis são a alternativa para dar prosseguimento à expansão do parque de geração, sendo consistentes com o desenvolvimento de fontes domésticas de energia juntamente com o cuidado do meio ambiente e opções mais custo-eficientes para o sistema, faz-se indispensável gerar alternativas para o melhor aproveitamento da energia disponível e da infraestrutura necessária para seu transporte. Essas alternativas não consistem meramente em aumentar-se a demanda de energia elétrica, mas esse aumento requer a incorporação de cargas que possam modular seu consumo em consonância com a disponibilidade de energia, os efeitos de se aumentar a flexibilidade do sistema elétrico e, portanto, sua capacidade de gerenciar porcentagens ainda mais elevadas de energias renováveis variáveis.

Desenvolvimento da mobilidade elétrica

A análise do setor de transportes em termos de sua dependência de combustíveis fósseis importados e a situação do setor elétrico, que atravessou uma primeira transformação no tocante às energias renováveis variáveis e que enxerga o futuro por meio do aprofundamento desses tipos de energia, faz com que, no caso do Uruguai, o desenvolvimento da mobilidade elétrica seja um instrumento a ser potencializado dentro do que se denominou recentemente como a segunda transformação energética e que implica, basicamente, a transformação da matriz de transportes dos hidrocarbonetos para fontes limpas, entendendo-se também como um dos instrumentos para se chegar à meta almejada de neutralidade de CO₂ até 2050.

Este objetivo é consistente com o compromisso assumido pelo Uruguai no âmbito da Cúpula de Ação Climática da Organização das Nações Unidas em 2019, de preparar e apresentar uma Estratégia Climática de Longo Prazo (ECLP) para um desenvolvimento com baixas emissões de gases, de aumentar a capacidade de adaptação aos efeitos adversos das alterações climáticas e promover a resiliência climática e o desenvolvimento de baixas emissões de gases com efeito de estufa. Esta Estratégia deverá incluir uma meta ambiciosa de neutralidade de CO₂ até 2050. Nesse sentido, e de acordo com os prazos estabelecidos, o país elaborou uma proposta ECLP que deverá estar em processo de consulta pública até ao final de novembro de 2021. Esta ECLP fornecerá insumos fundamentais para a elaboração da Segunda Contribuição Nacionalmente Determinada (CDN) que o país deve declarar em 2022, cinco anos após a Primeira CDN (SNRCC, 2021).

Em tal contexto e tendo em vista esses objetivos, o país voltou-se ao longo dos últimos anos ao desenvolvimento da mobilidade elétrica, começando com apoios explícitos no transporte público de passageiros, no transporte associado a frotas de empresas e utilitários e, atualmente, vem desenvolvendo medidas e regulamentações com vistas a um desenvolvimento mais generalizado.

Instrumentos – O projeto MOVÉS

No Uruguai, a partir de um financiamento do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF na sigla em inglês), está sendo desenvolvido desde o ano de 2017 o Projeto MOVÉS “Em prol de um sistema de mobilidade urbana eficiente e sustentável no Uruguai” (URU/17/G32). O objetivo do programa é promover um sistema de mobilidade sustentável, com baixo consumo de carbono, eficiente e inclusivo, baseado na melhoria das capacidades institucionais, no desenvolvimento de uma regulação adequada, na aplicação de tecnologias inovadoras e na promoção de uma mudança cultural.

A mobilidade elétrica não é o único componente do projeto, já que ele busca também potencializar o uso do transporte público de passageiros e a mobilidade ativa (bicicletas e caminhadas), mas possui um forte componente associado a gerar a troca de veículos de passageiros, transporte de carga e logística de última milha por veículos elétricos sustentáveis.

O projeto visou não apenas à geração de alternativas para o financiamento da compra de veículos elétricos, mas também – com o intuito de realizar seus objetivos -- implementou ações para derrubar mitos no que se refere ao transporte elétrico. Foi assim que, através desse projeto, implantou-se um mecanismo para se efetuarem testes com veículos elétricos para transporte de carga urbana e logística de última milha. As empresas que participam deste mecanismo podem testar os veículos durante um mês, com a finalidade de comprovarem seu funcionamento de forma integrada às operações normais da empresa. Assim sendo, procura-se diminuir a incerteza em relação à incorporação de veículos elétricos às frotas das empresas.

O projeto instrumentalizou essa iniciativa através da assinatura de convênios com locadoras de veículos, as quais colocam os veículos elétricos à disposição das empresas interessadas durante um mês, ao mesmo tempo em que o projeto subsidia o custo do aluguel durante esse mês de testes. São as locadoras de veículos que se encarregam da instalação dos respectivos carregadores nos prédios correspondentes às empresas beneficiárias.

A iniciativa incluiu, durante o primeiro ano de sua implementação, a possibilidade de se testarem bicicletas com sistema de pedal assistido e triciclos elétricos. No momento atual, foca-se exclusivamente em veículos utilitários.

Tendo transcorridos 24 meses desta iniciativa, 161 empresas demonstraram interesse nestes testes, que envolveram um total de 118.819 km rodados e 28.306 kg de emissões de CO₂ evitadas devido à não queima de gasolina (PROYECTO MOVÉS, 2021).

Marco regulatório

Existem diversas normativas de longo alcance, que são aplicadas de forma direta à mobilidade elétrica e outras que a incluem em razão de suas características no tocante a ser uma opção eficiente e limpa. A seguir são apresentadas as regulamentações mais relevantes que se encontram em vigência ou em processo de aprovação e que, de uma forma ou outra, aplicam-se aos veículos elétricos e suas instalações associadas.

Isenções tributárias

■ Taxa Global Aduaneira (TGA)

No Uruguai, os veículos de propulsão a motor elétrico se encontram isentos da TGA, de acordo com o estabelecido no Decreto 34/015, aprovado no ano de 2015 e com vigência de dois anos, e que foi ampliado para cinco anos com a aprovação do Decreto 325/017. A TGA é de 23% para os veículos importados, exceto se a importação for proveniente dos países do MERCOSUL ou do México.

Além disso, desde o ano de 2019 e por quatro anos, as baterias de lítio para veículos elétricos e os sistemas de recarga com e sem transformação de corrente, estão isentos do pagamento da TGA².

■ Imposto Específico Interno (IMESI)

Este imposto é variável dependendo do tipo de veículo ao qual se aplique e tem previsto um tratamento diferencial para os veículos elétricos. Na Tabela 1, se apresenta um resumo da aplicação do IMESI aos veículos de modo a apreciar a taxa reduzida que possuem os veículos elétricos com relação a seus pares com motores a combustão interna (as porcentagens dependem especificamente do tipo de veículo e sua cilindrada)³.

2 https://medios.presidencia.gub.uy/legal/2019/decretos/08/mef_2532.pdf

3 <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/246-2012>

Tabela 1. Resumo da aplicação do IMESI por tipo de veículo.

	Veículo motor a combustão interna		Veículo elétrico	Veículo híbrido
	Nafta	Diesel		
Automóveis	23 a 46%	115%	5.75%	3.45% (<2500cc) 34.5% (>2500cc)
Utilitários	6 u 11.5%	34.7 u 80.5%	2.3%	1.15%
Motocicletas	1.6% (<125cc) 16.45% (>125cc)	4.6% (<125cc) 22.5% (>25cc)	1.15%	

Fonte: Decreto 246/012, 2012.

Cabe ressaltar que os caminhões e a maquinaria se encontram isentos do pagamento do IMESI. Por outro lado, os ônibus, vans ou táxis para o transporte de passageiros com motores a combustão interna devem pagar o IMESI na primeira vez que sejam transferidos ou adaptados para uso próprio, caso isso seja realizado durante três anos a partir da aquisição ou importação do veículo.

Quando se trata de veículos elétricos, os caminhões, a maquinaria, os táxis e os ônibus destinados ao transporte público de passageiros se encontram isentos do pagamento do IMESI.

■ Placa de veículos usados⁴

A placa de usados é um imposto cobrado dependendo do valor de mercado do veículo e, no caso dos automóveis e utilitários elétricos, esse imposto é calculado como metade da porcentagem aplicável aos veículos de combustão interna. No Departamento de Montevideo, os táxis elétricos se encontram isentos do pagamento da placa e as motos elétricas possuem isenção durante quatro anos a partir da sua compra.

■ Lei N° 16.906 – Lei de promoção de investimentos⁵

A Lei de promoção de investimentos estabelece benefícios tributários a projetos de investimento que, dentre outros indicadores, utilizem tecnologias limpas. À luz dessa lei, entende-se por “tecnologias limpas” aqueles bens que contribuam para uma produção ambientalmente mais sustentável, seja mediante a eficiência no uso dos recursos como matérias-primas,

4 <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18860-2011>

5 <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16906-1998>

insumos, água e energia, seja por intermédio da substituição de combustíveis fósseis por renováveis, da redução na geração de resíduos, efluentes e emissões de poluentes (incluindo gases de efeito estufa), ou que permitam ajustar os sistemas produtivos em resposta a situações climáticas atuais ou projetadas.⁶

Os veículos utilitários elétricos para empresas podem ter acesso a benefícios no âmbito da aplicação deste regime.

Adicionalmente, de acordo com a regulamentação vigente, até 31 de agosto de 2023 se considera também como investimento elegível a aquisição de veículos elétricos que sejam destinados às atividades de uma empresa, bem como os Sistemas de Alimentação de Veículos Elétricos (SAVE)⁷. A fim de que sejam promovidos, esses bens deverão fazer parte de um projeto de investimento no qual representem, no máximo, 25% do total, a menos que se trate da compra de cinco ou mais veículos num plano de renovação da frota, ou se trate da compra de veículos elétricos adquiridos para serem alugados por empresas, cuja atividade consista do arrendamento de veículos sem chofer.

Os projetos de investimento deverão ser apresentados perante a Comissão de Aplicação da Lei de Investimentos (COMAP), a qual se incumbe da análise do projeto, determinando a porcentagem do investimento passível de isenção com base na pontuação que seja obtida através da matriz de avaliação do projeto. No caso dos projetos que envolvam veículos elétricos, pode-se chegar a uma isenção do Imposto sobre a Renda da Atividade Econômica (IRAE), que pode representar de 35% até 70% do valor do veículo.

■ Certificados de Eficiência Energética

O Ministério da Indústria, Energia e Mineração tem um programa de Certificados de Eficiência Energética, no qual se concede uma contribuição monetária a projetos que promovam a eficiência energética, dependendo da quantidade de energia poupada em sua vida útil. De acordo com tal instrumento, certifica-se a energia poupada ponderada ao longo da vida útil do projeto, a qual é aferida a um preço de referência determinado para cada convocação

6 <https://www.gub.uy/ministerio-economia-finanzas/politicas-y-gestion/anexo-i-tecnologias-limpias>

7 O SAVE é um dispositivo que permite carregar um veículo elétrico com segurança, embora alguns veículos pequenos possam ser conectados à rede elétrica através de uma tomada convencional (Schuko), recomenda-se o uso de um SAVE. O SAVE localiza-se entre a rede elétrica e o veículo e cumpre a função de gestão da carga com especial ênfase na segurança do utilizador. SAVES vêm em diferentes formas e especificações de energia. Existem modelos pequenos, adequados para recarga doméstica e outros grandes, especialmente projetados para recargas mais rápidas. (extraído de <https://movilidad.ute.com.uy/carga.html>).

em função dos fundos disponíveis do Fideicomisso Uruguaio de Eficiência Energética (Fudae) e a meta de energia poupada acumulada na vida útil média dos projetos. Esse benefício pode chegar até 30% do investimento realizado e a incorporação de veículos elétricos pode ser computada como uma medida de eficiência energética.

- Lei 19.670 – artigo 349 – Subsídio às empresas de transporte público.

Esta lei estabeleceu no ano de 2018 um subsídio para as empresas de transporte público de passageiros que incluíssem ônibus elétricos em seus planos de renovação de frota. O subsídio está previsto para cobrir a troca de até 4% da frota de ônibus diesel para ônibus elétricos, que representa cerca de 140 unidades, e o objetivo é cobrir a diferença entre o custo de uma unidade elétrica e uma unidade a diesel.

- Incentivo à troca por táxis elétricos

No Departamento de Montevideu, a Intendência concede um subsídio para a troca por unidades elétricas que alcança 13.000 dólares, aproximadamente. Os veículos adquiridos devem cumprir certos requisitos técnicos a fim de terem acesso ao subsídio. Em outubro de 2020, a cidade de Montevideu contava com 75 unidades de táxi elétrico de uma frota total de táxis de quase 3.000 unidades (MOVÉS, 2020).

Regulamentação técnica

- **Norma UNIT 1234:2020 – Sistema de condução de carga para veículos elétricos – Fichas, tomadas elétricas, conectores do veículo e conexões de entrada do veículo – Formatos normatizados**

No ano de 2016, foi aprovada a primeira versão da Norma UNIT1234, que é uma norma nacional que estabelece os formatos normatizados para os conectores utilizados na recarga de veículos elétricos.

No ano de 2020, foi aprovada a versão vigente que incorporou como formato normatizado o conector denominado Combo 2 ou CCS2, que é compatível com o conector Tipo 2 para carga em corrente alternada e que permite a recarga em corrente contínua.

■ **Norma UNIT 1130:2020 – Eficiencia energética – Vehículos automotores categorías M1 e N1 – Etiquetado**

Esta norma, aprobada no ano de 2020, establece los requisitos para a etiquetagem de eficiência energética dos veículos automotores nas categorías M1 e N2 novos com motor de combustão interna, mas também inclui os elétricos puros, elétricos híbridos com e sem recarga exterior e os veículos de célula de combustível de hidrogênio. A norma constitui a base para que se possa regulamentar a etiquetagem dos diferentes veículos, fornecendo informações sobre a emissão de CO₂ e, no caso dos veículos elétricos e híbridos conectáveis, o consumo em termos de km/kWh⁸.

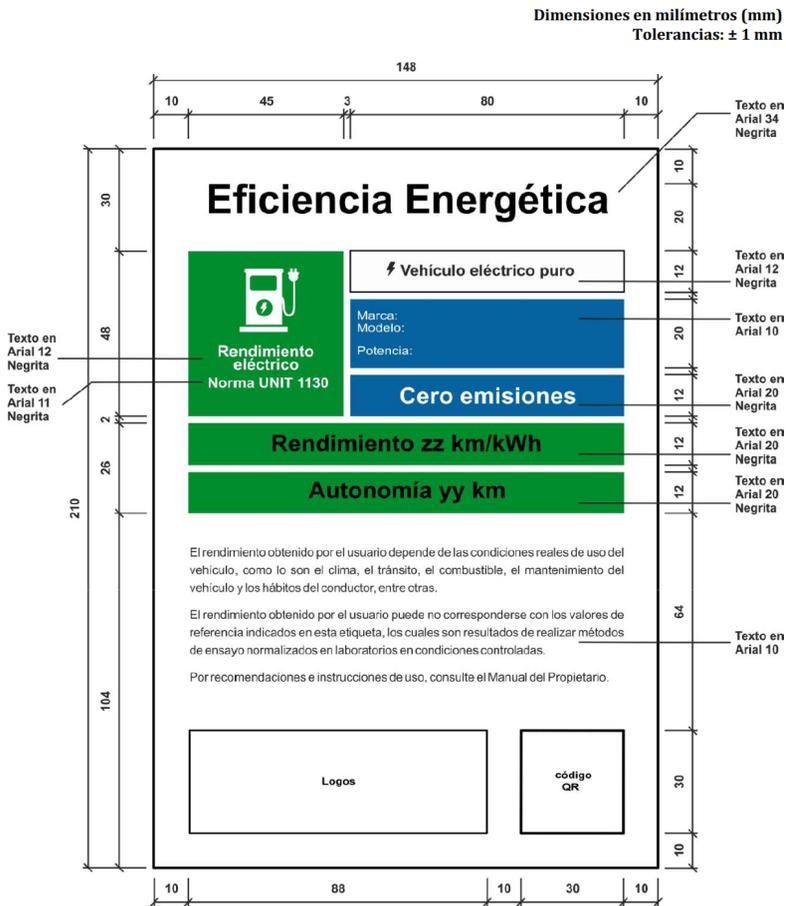


Figura 7. Etiqueta para vehículos eléctricos puros prevista na Norma UNIT 1130:2020.

8 <https://moves.gub.uy/iniciativa/normativa-de-etiquetado-vehicular/>

Marco regulatório em desenvolvimento:

Atualmente, encontra-se em vias de aprovação a regulamentação que estabelece os requisitos técnicos para as instalações interiores associadas à recarga de veículos elétricos. Essa regulamentação estabelecerá, entre outras, as condições para as instalações elétricas de baixa tensão que sejam utilizadas para a recarga dos veículos em moradias residenciais, estacionamentos coletivos como os encontrados em edifícios de apartamentos, em vias públicas, em estacionamentos tanto de uso público como privado e em centros de recarga para transporte público ou privado.

Por outro lado, também está em análise o estabelecimento da exigência de certos formatos de conectores na regulamentação, associados à Norma UNIT 1234:2000 e à Norma UNIT – IEC 61851-1:2017⁹.

No tocante às baterias, a regulamentação vigente (Decreto 373/003) regula o gerenciamento e a disposição final de baterias de chumbo-ácido, razão pela qual se está trabalhando na incorporação de critérios associados às baterias da tecnologia de íon de lítio, por serem as mais utilizadas para a mobilidade elétrica¹⁰.

Infraestrutura e tarifas

No Uruguai, existe uma única distribuidora de energia elétrica em todo o país, que é a empresa estatal UTE.

A UTE incluiu dentro de seus objetivos o desenvolvimento da Rota Elétrica, que consiste na implantação de uma rede de recarga em vias públicas capaz de abranger todo o país, com o intuito de contar com ao menos um carregador para veículos elétricos disponível a cada 50 km.

Atualmente, esta rede de recarga conta com 75 pontos de carga em corrente alternada de 22 kW e 43 kW com conectores Tipo 2 e com um ponto de carga em corrente contínua de 43 kW com um conector tipo CCS2 e um conector ChaDeMO (UTE - MOVILIDAD ELÉCTRICA, s.d.).

A comunicação dos equipamentos ocorre segundo o protocolo OCPP1.6.

A empresa tem como objetivo principal chegar a instalar 150 carregadores adicionais em corrente alternada e 12 carregadores adicionais em corrente contínua, no prazo de dois anos.

Na Figura 8, pode-se ver a distribuição atual das estações de recarga. Muito embora a distribuição ainda não seja uniforme, o processo de implantação

9 <https://moves.gub.uy/iniciativa/normativa-de-conectores-vehiculares/>

10 <https://moves.gub.uy/iniciativa/reglamentacion-de-baterias/>

consegue cobrir os 19 departamentos do país. O mapa apresenta, ademais, informações acerca das características dos carregadores em cada localização. Através do aplicativo “UTE Mueve”, os usuários podem conhecer a localização e disponibilidade em cada ponto de recarga.¹¹

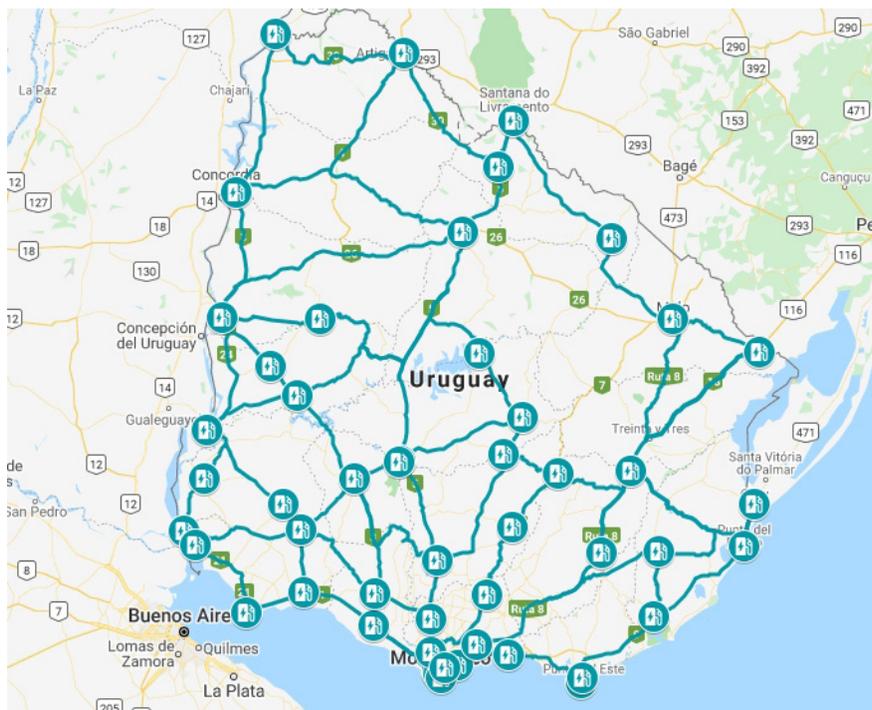


Figura 8. Distribuição de estações de recarga em vias públicas em todo o país.

Fonte: UTE - Movilidad Eléctrica. Disponível em:
<https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=tarifa-movilidad>

Os usuários de veículos elétricos têm acesso a esta rede de recarga em vias públicas e carregar seus veículos utilizando um cartão gerenciado juntamente à empresa UTE. O usuário recebe no fim do mês uma fatura com os detalhes das recargas efetuadas e o montante total a ser pago. Para o faturamento da energia, a partir do ano de 2019, a Conta Tarifária da UTE aprovada pelo Poder Executivo inclui uma tarifa específica para a mobilidade elétrica (TME), que é aplicada para este tipo de uso da energia elétrica; ou seja, para a recarga de veículos elétricos em vias públicas em postos de recarga da UTE.

¹¹ <https://portal.ute.com.uy/clientes/tramites-y-servicios/app-de-ute>

A tarifa TME tem custos diferenciados em três faixas horárias: “Valle”, “Llano” e “Punta”, que são estabelecidas a seguir:

- Horário do Vale (“Valle”): de 00:00 às 07:00 horas
- Horário do Plano (“Llano”): de 07:00 às 18:00 horas e de 22:00 a 00:00 horas
- Horário de Pico (“Punta”): de 18:00 a 22:00 horas

Como se pode ver na Figura 9, o custo da energia na faixa Vale é 21% do custo da energia na faixa Pico, ao passo que o custo da energia na faixa Plano corresponde a 38% do custo da energia na faixa Pico.

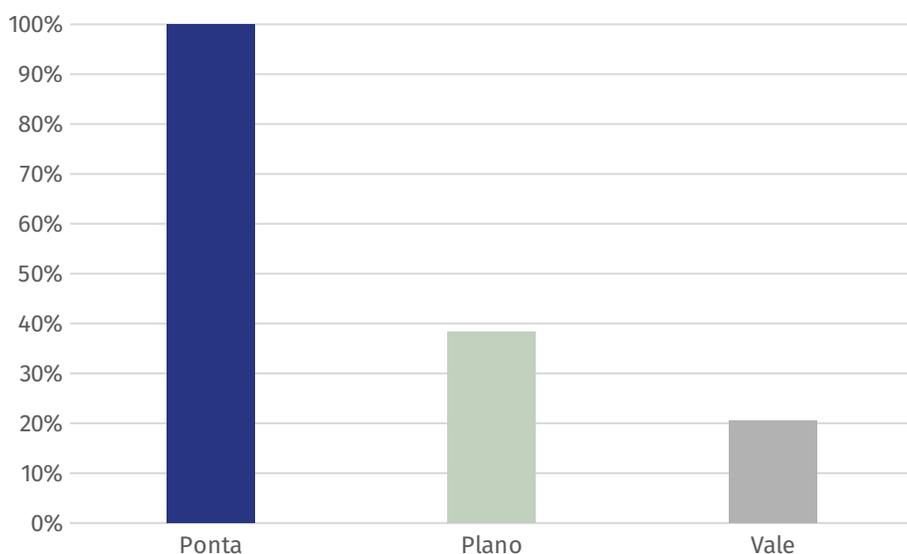


Figura 9. Tarifa de Mobilidade Elétrica – relação de custos segundo a faixa horária.

Fonte: Elaboração própria, com base em PLIEGO TARIFARIO UTE, 2021.

Disponível em: [https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%](https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%20)

A tarifa TME não tem custos fixos individualizados, mas todos os custos fixos e variáveis estão incluídos no encargo por energia.

A tarifa TME, que é aplicada nos pontos de recarga em vias públicas, foi concebida para assegurar a alternativa de dispor de energia elétrica para os usuários de veículos elétricos onde quer que eles estejam, haja vista que a recarga dos veículos elétricos se dará primordialmente em estações de recarga de uso privado ou nas residências dos usuários, razão pela qual se trata de

uma tarifa de maior custo do que as que podem ser aplicadas aos clientes da distribuidora em suas localizações permanentes. As tarifas aplicadas nesses casos, corresponderão à modalidade de consumo do fornecimento no qual o veículo seja carregado de modo regular e correspondem às diferentes opções tarifárias para clientes residenciais, para os usuários que carreguem o veículo em suas residências ou as opções de médios ou grandes consumidores, para aqueles veículos associados a empresas ou frotas de empresas. Estas modalidades têm opções de tarifa horária (com as mesmas faixas horárias que a TME) que fornecem sinais para que a recarga dos veículos elétricos em seu local de residência seja realizado em horas de baixa demanda do sistema elétrico, que é o horário correspondente ao Vale.

Penetração dos veículos elétricos no Uruguai

Conforme mencionado anteriormente, o Uruguai pretende alcançar o desenvolvimento da mobilidade elétrica como um objetivo que se encontra em consonância com os compromissos de emissões adotados pelo país e porque também é uma das ferramentas para continuar o desenvolvimento das opções domésticas de energia, como é o caso do desenvolvimento da energia eólica e da energia solar.

Nesse sentido, faz-se necessário dispor de infraestrutura e um marco regulatório adequado para que esse desenvolvimento possa ocorrer de forma ordenada a partir de uma fase inicial, cuidando da experiência do usuário que venha a adotar esta tecnologia e priorizando considerações de segurança e acessibilidade da energia elétrica para a recarga dos veículos elétricos. Esses objetivos têm vários graus de progresso e estão na etapa de trabalho, como foi apresentado nos pontos anteriores. No entanto, a tecnologia dos veículos elétricos já está disponível para os usuários e o país conta com as primeiras incorporações.

As vendas de veículos elétricos de uso particular alcançaram 38 unidades em 2019, 109 unidades em 2020 e 254 unidades até junho de 2021 (MIEM, 2021b).

A frota de ônibus para transporte público possui 35 ônibus elétricos. Esses veículos já percorreram 750.000 km em seis meses e evitaram o consumo de 300.000 litros de gásóleo e a emissão de aproximadamente 800 toneladas de CO₂ (MIEM, 2021a).

Na capital do país, Montevidéu, há 70 táxis elétricos circulando.

A UTE conta com uma frota de 92 veículos elétricos utilitários, o que a posiciona como uma das empresas com maior participação deste tipo de transporte em sua frota de utilitários na América Latina.

A OSE, a empresa estatal de abastecimento de água potável, conta com oito veículos elétricos.

Certamente se trata de números pequenos em termos absolutos, mas se visto do ponto de vista de seu desenvolvimento pontual, o crescimento que está sendo registrado na incorporação dos veículos elétricos é elevado. Particularmente, no período até o presente momento em 2021, o total de incorporações já superou o que havia sido previsto até o final do ano, chegando em junho a 254 unidades, quando se tinha uma previsão para o ano de 153 unidades como montante total até fins de 2021. A maior parte dessas incorporações ocorreu no segmento de veículos utilitários leves, o que se mostra consistente com as análises que demonstram que a troca por veículos elétricos é uma opção rentável, quando se compara o custo total de propriedade (CTP) ao longo da vida útil dos veículos.

As análises mostram que o CTP¹² ainda não é competitivo para automóveis de uso particular, mas existe competitividade, sem dúvida, no caso das empresas que incorporam veículos elétricos em usos intensivos, levando-se em consideração as diferentes isenções e benefícios previstos para os veículos elétricos. No caso dos ônibus de transporte público, considerando-se o subsídio que iguala o seu preço ao do ônibus a diesel, a comparação do CTP é muito favorável ao elétrico. O sistema de transportes no Uruguai tem subsídios também para as unidades a diesel, razão pela qual se não levarmos em conta nenhum subsídio – nem para as unidades a diesel nem para as unidades elétricas – a conveniência do CTP para os elétricos passa a depender fortemente das distâncias percorridas, melhorando para os elétricos quanto maior for o uso do veículo (LAVALLEJA & SCALESE, 2021).¹³

12 O Custo Total de Propriedade (CTP) decorre da combinação de todos os custos associados à compra e uso de um veículo. São levados em consideração o investimento, gasto de energia (eletricidade ou combustível), manutenção, matrícula, seguro e outros custos ou benefícios associados à aquisição do veículo. Para o seu cálculo são assumidos percursos que dependem do tipo de veículo. No caso do Uruguai e para veículos particulares, foram percorridos 12.500 km por ano e um período de uso de 8 anos.

13 De acordo com o estudo <https://moves.gub.uy/esquemas-fiscales-informe-completo/>.

Referências

DECRETO 77/006. Disponível em: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/77-2006>

DECRETO 246/012, 2012.

LAVALLEJA, M. ; SCALESE, F. *Esquemas fiscales y de incentivos en la movilidad y el transporte*, 2021.

MIEM - DNE. *Balance Energético Preliminar 2020*, 2020a. Disponível em: <https://ben.miem.gub.uy/preliminar.php>

MIEM - DNE. *Balance Energético 2020*, 2020b. Disponível em: <https://ben.miem.gub.uy/balance.php>

MIEM. *Operación de ómnibus eléctricos - informe semestral*, 2021a.

MIEM. *Parque automotor - estadísticas*, 2021b.

MOVÉS. *Promoción de la movilidad eléctrica en Uruguay*, 2020.

PLIEGO TARIFARIO UTE. 2021. Disponível em: <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%20Vigente.pdf>

PROYECTO MOVÉS - PRUEBA DE VEHÍCULOS PARA EMPRESAS. 2021. Disponível em: <https://moves.gub.uy/iniciativa/prueba-de-vehiculos-electricos-para-empresas/>

SNRCC. *Estrategia Climática de Largo Plazo - Uruguay*, 2021.

UTE - MOVILIDAD ELÉCTRICA. Disponível em: <https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=tarifa-movilidad>

Eletrromobilidade: Uma oportunidade para a América Latina e o Caribe

Carlos Jose Echevarria Barbero

Os governos dos países da região realizaram uma aposta decidida para responder, em conformidade com o Acordo firmado na COP21 de Paris em 2015, à ameaça das mudanças climáticas, mantendo o aumento da temperatura mundial neste século num nível abaixo dos 2 graus centígrados em relação aos níveis pré-industriais.

A maior parte dos países da ALC vêm desenvolvendo estratégias para alcançar a descarbonização de suas economias, no âmbito dos esforços efetuados para articular uma trajetória de desenvolvimento e crescimento de suas economias que seja resiliente às mudanças climáticas, com um nível baixo de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Com esse intuito, os países trabalham na configuração dessas estratégias através das denominadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, na sigla em inglês), de acordo com os compromissos firmados no Acordo de Paris.

O transporte é o setor que mais contribui para as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na América Latina e no Caribe (ALC), no âmbito energético. As emissões do setor de transportes alcançam 35% do total de emissões do setor energético da ALC e 15% de todas as emissões regionais.

Haja vista essa circunstância, o setor de transportes constitui um elemento central no desenho e implementação das estratégias de descarbonização dos países da região, com o objetivo de conseguir alinhar seus padrões de desenvolvimento e crescimento econômico de baixo carbono com seus compromissos para combater as mudanças climáticas.

Na Figura 1 estão agrupados os países da Região que incluíram o setor de transportes nas suas NDC.

Como se pode observar, quase todos os países da região identificaram o transporte como um setor relevante para conseguir alcançar suas metas de redução de emissões de GEE e muitos deles iniciaram ações e planos de mitigação de suas emissões setoriais, no âmbito dos trabalhos que vêm executando à luz de suas NDC.

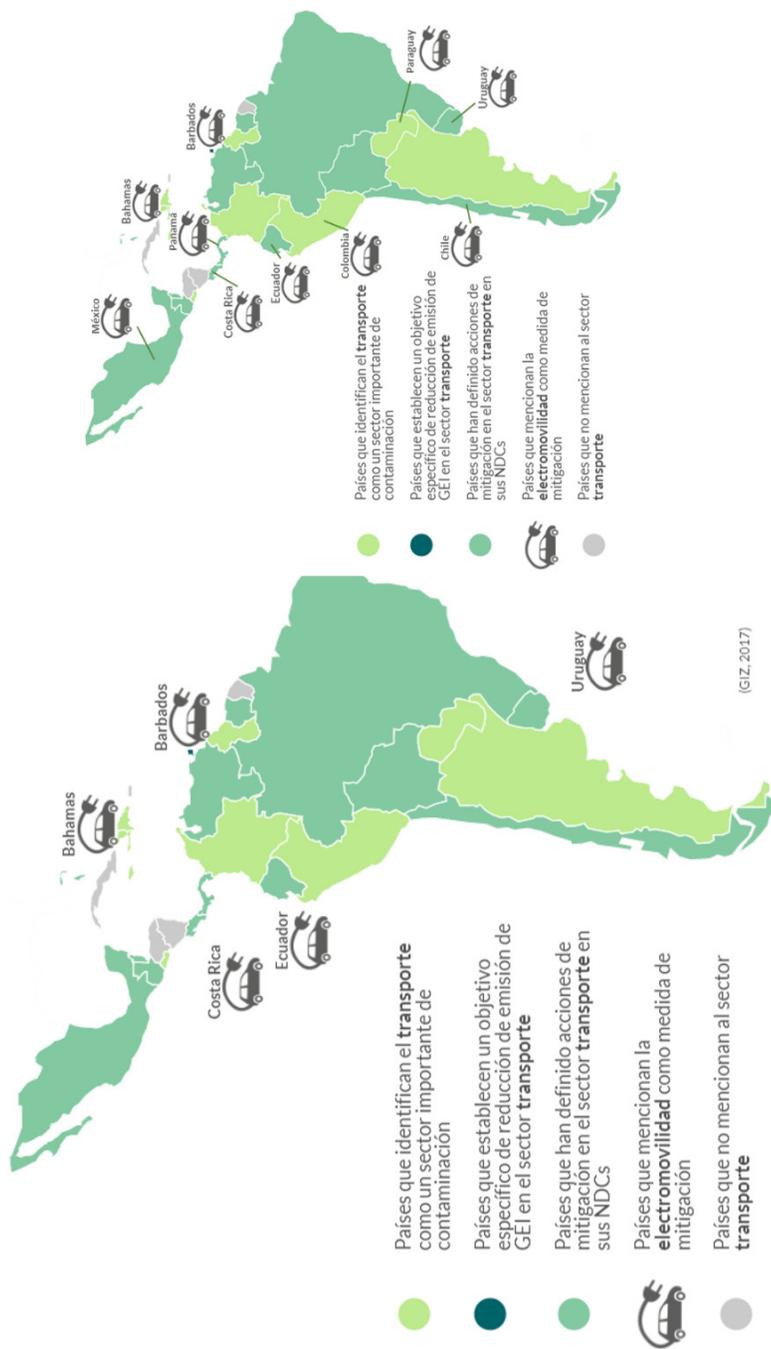


Figura 1. Países que contemplan medidas de redução de emissões no setor de transporte nas suas NDC.

Fonte: GIZ (2017) e Relatório de Mobilidade Elétrica 2019, MOVE, PNUMA, 2019.

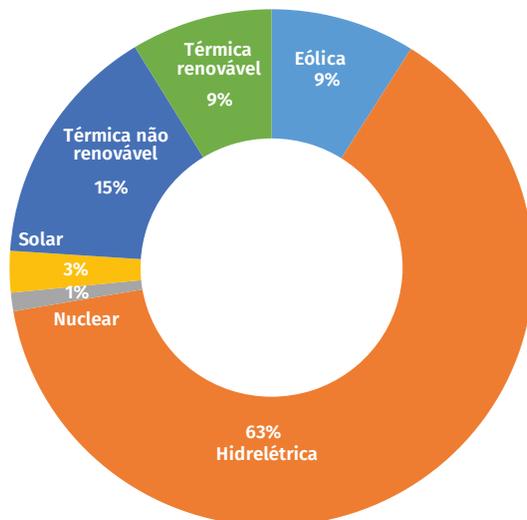


Figura 2. Capacidade instalada por fonte 2019.

Fonte: Hub de Energia América Latina Y Caribe.

Por outro lado, a ALC conta com uma enorme vantagem e a oportunidade de enfrentar essa situação. Tendo em vista o cenário demonstrado em seu setor de transportes, os países da região contam com uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo. As energias renováveis representam 58% da capacidade instalada total, com a energia hidrelétrica como a fonte mais importante (63%), seguida das energias renováveis não convencionais encaixadas pela eólica (9%), pela biomassa (9%) e a solar (3%) (Figura 2).

Pode-se constatar (Figura 3) que, a partir do ano 2000, apesar do acelerado crescimento da demanda, as energias renováveis têm conseguido manter sua participação na matriz elétrica regional (próxima de 60%), ao passo que as fontes renováveis não convencionais (FRNC) experimentaram um crescimento exponencial. Enquanto no ano 2000 as FRNC representavam 0,6% da potência de geração elétrica instalada na ALC, em 2019 essas fontes renováveis chegaram a totalizar 12% da capacidade instalada na região.

Apesar desse cenário regional otimista, é necessário lembrar que esta participação das energias renováveis tem se mostrado desigual. Ainda existem sub-regiões e países cujas matrizes elétricas continuam sendo altamente dependentes dos combustíveis fósseis, como é o caso do Caribe, onde aproximadamente 82% de sua potência instalada de geração é térmica não renovável; ou a Bolívia, que dispõe de uma potência térmica não renovável instalada que alcança 72% do parque gerador.

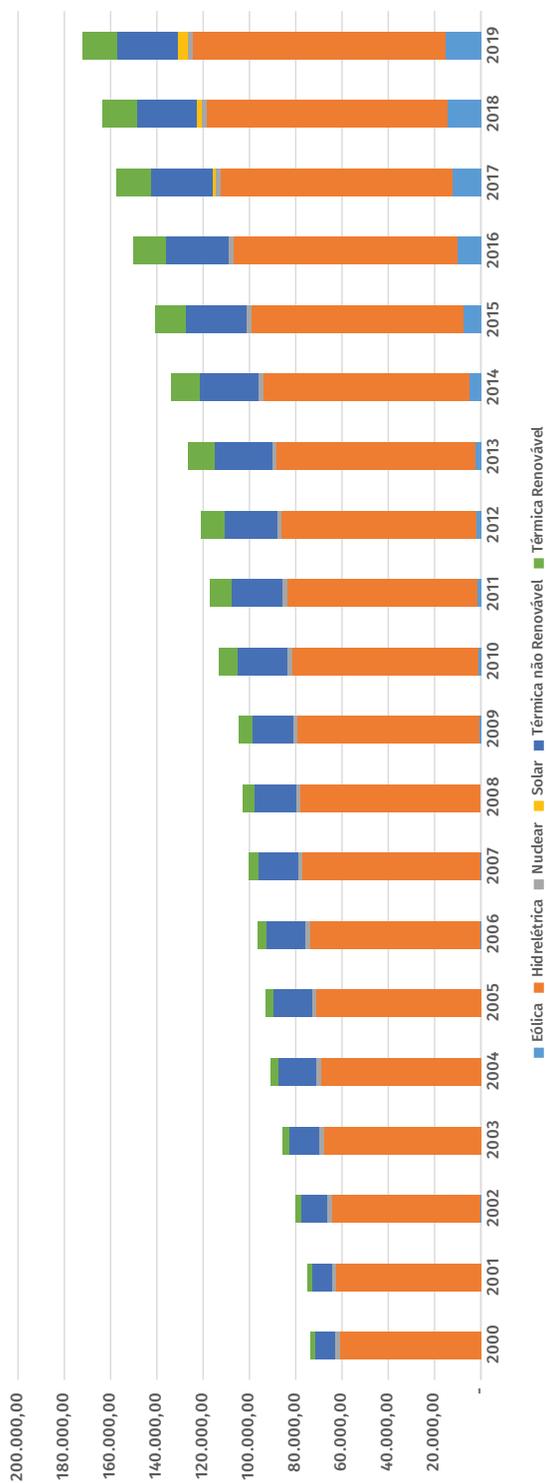


Figura 3. Evolução da Capacidade de Geração na ALC por Fonte (2000-2019)

Fonte: Hub de Energia América Latina Y Caribe.

Torna-se evidente que o setor elétrico da ALC pode e deve desempenhar um papel-chave nas estratégias de descarbonização do setor de transportes da região, a fim de poder alcançar emissões líquidas zero até 2050. A promoção da mobilidade elétrica, portanto, constitui um elemento essencial no processo de transição da região rumo a padrões de crescimento econômico de baixo carbono.

A eletromobilidade no transporte público. Convergência entre empresas elétricas e operadores de transporte

Nesse sentido, como resultado desse novo contexto, nota-se nos últimos anos uma convergência progressiva das atividades desenvolvidas pelos agentes e atores que têm participado tradicionalmente nos setores de transporte e eletricidade. Em particular, as empresas elétricas estão aproveitando a mobilidade elétrica para expandir seu escopo tradicional de atividade e ampliar sua gama de serviços, estimulados, em larga medida, pelas transformações que o setor elétrico vem testemunhando nos últimos anos.

Essa convergência tornou-se evidente, por exemplo, nos projetos mais emblemáticos da região com a introdução de ônibus elétricos no transporte público, desenvolvidos ao longo dos últimos anos, como as rotas de ônibus de trânsito rápido (conhecidas por sua sigla em inglês, BRT) de Santiago (Transantiago¹) e Bogotá (TransMilenio²). Nesses projetos, constatou-se a integração de atores para a prestação do transporte público, em sintonia com uma visão de fornecimento do serviço com enfoque integral (provisão de frota elétrica e fornecimento de eletricidade) (Figura 4). No caso do Transantiago, as empresas elétricas ENEL e ENGIE levaram a cabo a aquisição dos ônibus elétricos, instalaram os pátios de recarga e fornecem a energia elétrica, entregando a operação das unidades, em regime de arrendamento operacional, ao operador de transporte público “Buses Metropolitana, S.A.” (Metbus).

De modo análogo, no caso do TransMilenio, a empresa elétrica ENEL-CODENSA tornou-se adjudicatária na provisão de 870 ônibus elétricos e na construção de seis pátios de recarga (eletro-terminais), entregando a administração e operação das infraestruturas aos operadores das linhas correspondentes do Sistema Integrado de Transporte Público.

1 Inclui o primeiro BRT de frota 100% elétrica com 389 ônibus elétricos operando

2 Estão sendo incorporados 1.485 ônibus elétricos à frota que presta serviço

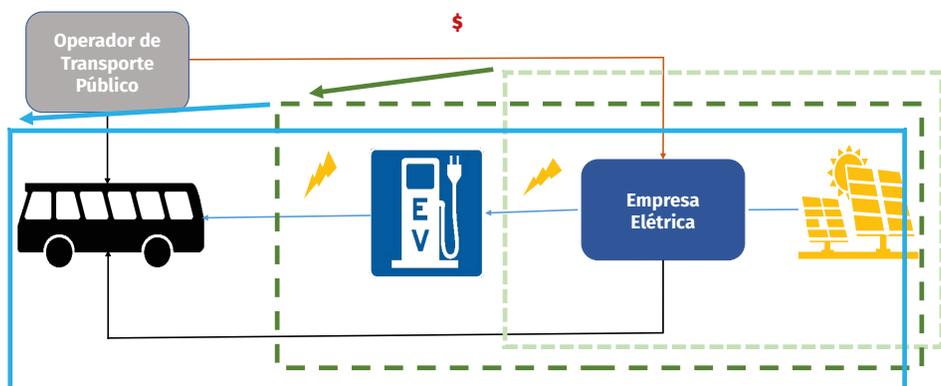


Figura 4. Convergência dos agentes no transporte público elétrico.

Fonte: elaboração própria.

Papel das empresas elétricas na promoção do veículo elétrico privado

Por outro lado, as empresas elétricas também estão desempenhando um papel fundamental na promoção da introdução do veículo elétrico privado, principalmente liderando a implantação da infraestrutura de recarga na região. Conforme se observa na Figura 5, seguindo um esquema simplificado, na cadeia de valor do processo de recarga do veículo elétrico privado, é possível encontrar, de um lado, as empresas elétricas prestadoras do serviço de fornecimento de eletricidade (fornecedor de eletricidade e distribuidora). A partir do ponto de conexão à rede elétrica, aparece a figura do operador das estações de recarga e, no outro extremo, situam-se os usuários finais, motoristas e/ou provedores de serviços de mobilidade. As interações que podem ocorrer entre todos esses atores são de naturezas variadas, podendo o mesmo agente exercer mais de uma das responsabilidades assinaladas.

Qual é o papel que pode ser exercido pelas empresas elétricas nesse ecossistema de mobilidade elétrica?

Depende do grau de envolvimento que elas possuam na cadeia de valor anteriormente descrita, de acordo com as normas e regulamentações pertinentes.

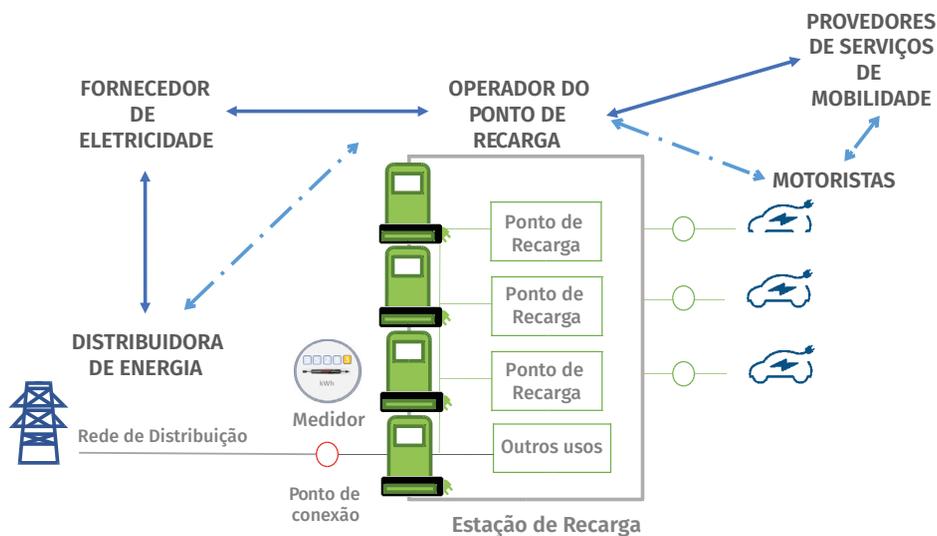


Figura 5. Principais atores da cadeia de valor do processo de recarga de veículos elétricos.

Fonte: elaboração própria a partir da Diretiva 2014/EU do Parlamento Europeu.

Num extremo, situam-se aquelas empresas elétricas para as quais o veículo elétrico opera como uma carga a mais que elas têm de atender, como qualquer outra (Facilitadora). Num estágio seguinte, encontram-se as companhias elétricas que adotam uma posição mais proativa na promoção da eletromobilidade, estendendo e reforçando o sistema elétrico até os pontos de conexão das estações de recarga de propriedade de terceiros, com o intuito de garantir a sua implantação com a velocidade necessária a fim de atender adequadamente o ritmo de penetração dos veículos elétricos (Catalizadora). A seguir, situam-se as empresas elétricas que, além disso, administram a operação das estações de recarga por conta de terceiros, com a finalidade de harmonizar a integração desta infraestrutura com a capacidade e as necessidades do sistema elétrico (Administradora). Adicionalmente, há as empresas elétricas que possuem e operam as estações de recarga de veículos elétricos, realizando a prestação de tal serviço aos motoristas e fornecedores de serviços de mobilidade, em competição com terceiros (Provedora). Por último, é possível identificar as companhias que realizam a prestação do serviço de recarga do veículo elétrico em regime de monopólio, ao enquadrar-se dentro do alcance de sua responsabilidade exclusiva, como concessionária da prestação do serviço público de fornecimento de energia elétrica na sua área de concessão (Provedora exclusiva).

Respostas a partir do Setor Elétrico na ALC: O caso da Costa Rica

A Costa Rica se configurou como um dos casos de maior sucesso na promoção da eletromobilidade na região, graças a numerosos fatores que serão identificados e analisados a seguir.

A Costa Rica é reconhecida internacionalmente por sua liderança e inovação no terreno da sustentabilidade ambiental e por seu impulso em prol da luta contra as mudanças climáticas.³ No tocante à preservação do meio ambiente, iniciativas como a implantação do sistema de proteção de áreas silvestres, os programas de reflorestamento e o pagamento por serviços ecológicos são exemplos claros da liderança internacional do país nessa área.

Nesse mesmo sentido, é importante destacar o fato de que a população costa-riquense encontra-se profundamente sensibilizada e comprometida com a preservação ambiental e participa ativamente, de maneira não institucionalizada, em iniciativas e atividades em prol da defesa e da proteção ambiental, bem como do aproveitamento sustentável dos recursos naturais.

Além disso, o país conta com uma tradição e experiência muito consolidadas no que tange à realização de exercícios periódicos de planejamento, que servem de diretriz e orientação para o desenvolvimento e o crescimento de sua economia.

Essa tradição está fundamentada no Sistema Nacional de Planejamento (SNP)⁴, no qual são contempladas tanto dimensões setoriais como geográficas (regionais). O SNP possibilita, ademais, a articulação interinstitucional necessária à aplicação eficiente dos recursos públicos e a realização dos objetivos de desenvolvimento e dos resultados propostos no exercício de planejamento correspondente.

O Ministério de Planejamento Nacional e Política Econômica (MIDEPLAN), como entidade responsável pelo SNP, encontra-se incumbido de dirigir e coordenar o processo de elaboração, a cada quatro anos, do Plano Nacional

3 No ano de 2007, a Costa Rica lançou seu compromisso de ser neutra em carbono até o ano de 2021 (primeiro país do mundo a assumir tal compromisso), meta incluída na Estratégia Nacional de Mudanças Climáticas (2009) bem como em seu Plano de Ação (2013).

4 Constituído por MIDEPLAN, as unidades ou escritórios de planejamento dos ministérios, instituições descentralizadas e entidades públicas locais e regionais, assim como os mecanismos de coordenação e assessoria, tais como conselhos assessores, comitês interinstitucionais, comissões consultivas e outros.

de Desenvolvimento (PND)⁵, em estreita relação com as instituições que compõem este Sistema.

A elaboração do PND – principal instrumento do SNP – representa um esforço participativo através do qual se pretende reunir as preocupações veiculadas pelas instituições e pelos cidadãos acerca dos principais desafios enfrentados pelo país nas diversas áreas estratégicas identificadas em cada Plano.

Por outro lado, a Costa Rica se destaca internacionalmente por dispor de uma das matrizes elétricas mais renováveis e diversificadas do mundo. Em 2014, ano de referência inicial desta análise, o país conseguiu cobrir 89,79% de sua demanda elétrica por meio de energias limpas (hidrelétrica 65,75%, geotérmica 15,06%, eólica 6,00%, biomassa 2,96% e solar 0,02%)⁶, vide Figura 6.

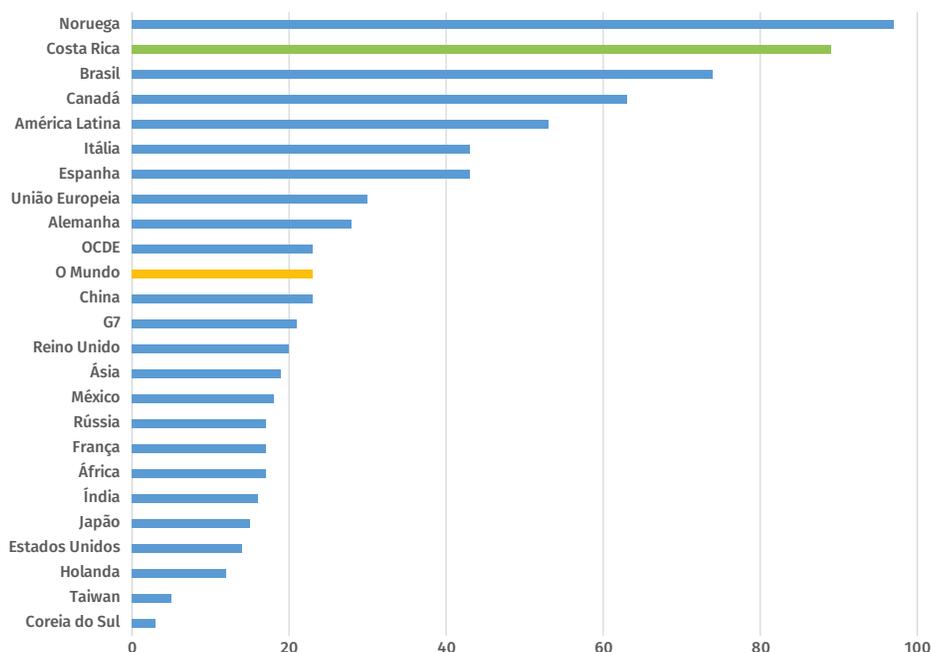


Figura 6. Porcentagem de geração de eletricidade de origem renovável.

Fonte: VII PNE 2015-2030. MINAE 2015.

5 Marco Normativo para a formulação do PND: i) Constituição da República da Costa Rica; ii) Lei 5525 de 2 de maio de 1974 (Lei de Planejamento Nacional); iii) Decreto Executivo 16068-PLAN e Decreto Executivo 37735-PLAN de 2013 do Regulamento Geral do SNP; iv) Decreto Executivo 38546-MP-PLAN, 34582-MP-PLAN e suas reformas (Regulamento Orgânico do Poder Executivo); v) Lei Geral da Administração Pública; e vi) Decreto Executivo 23323-PLAN de 17 de maio de 1994 e suas reformas.

6 VII Plano Nacional de Energia de 2015-2030. Ministério de Ambiente e Energia (MINAE) 2015.

No outro extremo da balança, cabe assinalar que, em 2014, o setor de transportes era responsável por 66% do consumo de hidrocarbonetos e por 54% das emissões de CO₂ da Costa Rica. Os veículos particulares eram os que mais contribuía para as emissões de CO₂ do setor no país (41% do total), seguidos, em ordem decrescente, pelo transporte de carga leve e pesada, as motocicletas, os ônibus de serviços especiais, os equipamentos especiais e, em último lugar, o transporte público.

Da mesma forma, a frota veicular havia crescido nas zonas urbanas do país de maneira acelerada, sobretudo como consequência da baixa qualidade da oferta de transporte público.

Muitos dos veículos novos importados eram de motores de combustão interna de alta cilindrada, aumentando o consumo e a dependência dos derivados do petróleo.

Note-se que 34% dos veículos importados eram usados, dos quais 24% tinham uma idade superior a 15 anos, agravando com isso a já precária situação da frota veicular do país, cuja idade média se situava em 16 anos.

Além disso, na Costa Rica os habitantes das zonas urbanas haviam crescido rapidamente, passando de 59% da população no ano 2000 e alcançando 72,8% em 2011⁷, mas seguindo um modelo de desenvolvimento territorial de intensidade muito baixa.⁸ Esse crescimento das concentrações urbanas com baixa densidade demográfica, juntamente com a situação precária dos transportes públicos, obrigava os cidadãos a utilizar, como alternativa, o transporte individual e a empreender grandes deslocamentos e sofrer congestionamentos diários, o que aumentava o consumo de combustíveis fósseis e gerava impactos negativos sobre o meio ambiente, a saúde e a qualidade de vida das pessoas.

Nesse contexto, tornava-se evidente a enorme oportunidade que existia no país para que se introduzissem medidas de eficiência energética no âmbito dos transportes e se fizesse a migração em prol de tecnologias alternativas aos motores de combustão interna, o que viria a impulsionar, em especial, a mobilidade elétrica sustentável.

É por essa razão que o Plano Nacional de Desenvolvimento 2015-2018 “Alberto Cañas Escalante” (PND) – publicado em novembro de 2014 – orienta os alinhamentos da política energética no sentido de se realizarem dois

7 A título de exemplo, cabe salientar que nas principais cidades da Grande Área Metropolitana de San José (GAM), que representa 4% do território nacional, concentra-se 52% da população do país e 75% da frota veicular.

8 A população está concentrada nas cidades e estas têm se expandido territorialmente, ocupando uma extensão cada vez maior, o que obriga seus habitantes a ocuparem lugares cada vez mais distantes de seus locais de trabalho.

objetivos setoriais. Por um lado, fomentar as ações diante das mudanças climáticas globais mediante a participação cidadã, as mudanças tecnológicas, os processos de inovação, pesquisa e conhecimento para garantir o bem-estar, a segurança humana e a competitividade do país; e, por outro lado, suprir a demanda de energia do país por intermédio de uma matriz energética que assegure o fornecimento ótimo e contínuo de eletricidade e combustíveis, promovendo-se o uso eficiente de energia para manter e aprimorar a competitividade do país.

Este PND, juntamente com o Plano de Governo do Presidente Solís Rivera, serviram de orientação na elaboração, por parte do Ministério de Ambiente e Energia (MINAE), do VII Plano Nacional de Energia 2015-2030 (PNE).

Diferentemente da forma tradicional em que se vinha construindo a política energética do país, o processo de elaboração do PNE 2015-2030 produziu resultados muito inovadores, uma vez que o MINAE, como entidade responsável nesse âmbito, liderou uma iniciativa denominada “Diálogo Nacional de Energia”⁹, constituindo um espaço de debate plural e participativo no qual foram envolvidos atores associados ao setor (agentes públicos e privados, instituições acadêmicas, partidos políticos, governos locais, etc.). O intuito dessa iniciativa foi elaborar uma política pública com legitimidade, ao mesmo tempo inclusiva e representativa, capaz de envolver todos os atores e estabelecer uma visão comum de desenvolvimento setorial, bem como alinhamentos da agenda nacional de energia no curto, médio e longo prazo.

Outro diferencial deste PNE 2015-2030 é que nele foram integrados de modo estratégico os setores de eletricidade e transporte.

A orientação central do PNE 2015-2030 é atingir a sustentabilidade energética com um baixo nível de emissões. Este objetivo se articula sobre a base de sete eixos estratégicos, estabelecidos para os subsetores de eletricidade (4); e transporte e combustível (3), fixando-se, em cada caso, diversos objetivos estratégicos que guiam as ações listadas no PNE. No tocante ao subsetor de transporte e combustíveis, o Plano incorpora o eixo “Rumo a uma frota veicular mais amigável ao meio ambiente” no qual são compilados objetivos estratégicos específicos e ações voltadas à redução das emissões

9 Esta iniciativa abordou a construção do PNE em 2 fases. Uma primeira fase focada no subsetor da eletricidade, para a qual o MINAE redigiu um documento estratégico de base denominado “Proposta para a elaboração do VII Plano Nacional de Energia Componente eletricidade 2014-2030”. Nesta fase, foram celebrados 2 foros regionais e um legislativo, assim como diversos grupos de trabalho nos quais os atores participantes debateram acerca de diversos temas setoriais (eficiência energética, geração de eletricidade, geração distribuída, otimização da matriz energética, aspectos socioambientais). E uma segunda fase, seguindo um esquema semelhante ao anterior, orientada a abordar o âmbito de transportes e combustíveis.

provenientes do setor de transporte. No que tange à promoção da eletromobilidade sustentável, cabe assinalar que, entre os objetivos estratégicos contemplados neste eixo, dois devem ser destacados:

- Modernizar a frota veicular incorporando tecnologias que contribuam para a diminuição da intensidade energética do setor e a redução das emissões (5.2). Entre seus objetivos específicos, inclui-se a criação das condições técnicas e normativas para a diversificação tecnológica da frota veicular (5.2.3), em relação ao qual foram estabelecidas metas específicas, a saber:

De curto prazo: i) a elaboração de um mapa de rota para a incorporação de novas tecnologias, incluindo veículos elétricos, no setor de transporte; ii) elaborar uma estratégia para o desenvolvimento de infraestrutura de recarga, normativas técnicas e incentivos para fomentar a incorporação de veículos elétricos; iii) a implementação de tal estratégia; iv) a elaboração de um estudo que analise a conveniência técnica, fiscal e econômica da criação de incentivos para as novas tecnologias definidas no mapa de rota; e v) a revisão das isenções¹⁰ para a inclusão de tecnologias automotrizes e seus componentes de médio e longo prazo, o desenvolvimento de uma estratégia para a introdução de veículos elétricos;

Médio e longo prazo: i) implementar uma estratégia para a introdução de veículos elétricos.

- Promover a eficiência energética no setor de transporte (5.3), cujos objetivos específicos incluem a sensibilização da população acerca dos impactos do consumo energético e das medidas de mitigação associadas (5.3.1), mediante a criação de programas de educação e campanhas de informação para induzir hábitos de uso racional da energia, abordando concretamente os avanços tecnológicos no que se refere à eletromobilidade.

Também no que tange ao transporte público, o PNE 2015-2030 contempla a promoção do aprimoramento e da transformação tecnológica da frota veicular, incorporando-se unidades de novas tecnologias (6.3.1).

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) ofereceu apoio e acompanhamento técnico ao MINAE no processo de elaboração desse Plano, constituindo-se num sócio estratégico do Ministério na implementação das ações reunidas no mesmo, com vistas a impulsionar a introdução da mobilidade elétrica sustentável.

¹⁰ Lei No. 7447

Da mesma maneira, paralelamente ao processo de elaboração do PNE, o MINAE pleiteou junto ao Instituto de Normas Técnicas da Costa Rica (INTECO) a elaboração e, nesse caso, a atualização da normativa técnica para os centros de recarga, com a finalidade de gerar os padrões técnicos a serem aplicados nestes dispositivos ao redor do país.

Em seguida à aprovação e publicação do PNE 2015-2030 em janeiro de 2016 e paralelamente à implementação das ações incluídas no mesmo, várias iniciativas legislativas foram pleiteadas a fim de fomentar a introdução da mobilidade elétrica na Costa Rica.

Com o intuito de avançar nas metas compiladas pelo PNE, durante os anos de 2016 e 2017, o MINAE, com apoio do BID, desenvolveu as orientações estratégicas de base (Estratégia Nacional sobre Mobilidade Elétrica¹¹), para definir o Programa Nacional de Veículos Elétricos do Governo da Costa Rica. No âmbito do desenvolvimento da Estratégia Nacional do Veículo Elétrico, as principais atividades executadas foram as seguintes:

- Análise dos cenários de penetração da mobilidade elétrica;
- Estimativa e comparação dos custos totais de propriedade dos veículos elétricos e dos veículos de combustão interna;
- Identificação e avaliação dos incentivos financeiros e não financeiros, simulando seu efeito para os diferentes cenários de crescimento da mobilidade elétrica;
- Análise dos possíveis modelos de negócio associados ao processo de recarga e seus elementos habilitadores, realizando-se, em cada caso, uma proposta de localização das estações de recarga rápida nas principais vias de comunicação do país;
- Avaliação e identificação da estrutura de governança idônea para liderar a implementação da Estratégia.

Os resultados desse trabalho foram submetidos a um processo de consultas com numerosos atores envolvidos na temática da eletromobilidade, tanto institucionais quanto privados, principalmente comercializadores de veículos, com a finalidade de listar suas preocupações principais e determinar as áreas mais relevantes que deveriam ser abordadas no Plano Nacional de Transporte Elétrico (PNTE).

Após a finalização desse exercício estratégico, o MINAE procedeu à formulação de uma primeira versão do PNTE e, haja visto o alcance dos debates

11 Diseño y Estrategia Nacional para la Promoción de los Vehículos Eléctricos en Costa Rica. BID. 2017.

gerados em paralelo na Assembleia Legislativa com relação ao Projeto de Lei No. 19744 de Incentivos à Promoção do Transporte Elétrico, decidiu ampliar o escopo inicial do Plano para incluir, além do transporte privado, também o público. Esta versão preliminar do PNTE foi apresentada e submetida a consultas com os atores ligados ao transporte elétrico para receber suas contribuições.

Como resultado, em larga medida, de todos esses esforços, em 14 de dezembro de 2017 a Assembleia Legislativa da República da Costa Rica aprovou a Lei No. 9518 de Incentivos e Promoção para o Transporte Elétrico.¹²

Essa Lei tem o intuito de criar o arcabouço normativo para regulamentar a promoção do transporte elétrico no país e fortalecer as políticas públicas destinadas a incentivar o seu uso dentro do setor público e pelos cidadãos em geral. Ela regulamenta, além disso, a organização administrativa pública vinculada ao transporte elétrico, as competências institucionais e seu estímulo, por meio de isenções, incentivos e políticas públicas, em cumprimento dos compromissos vigentes nos convênios internacionais ratificados pelo país, bem como o Artigo 50 da Constituição Política.¹³

Dentro das competências que a Lei outorga ao MINAE, cabe destacar sua responsabilidade na formulação e execução da Política Nacional em Energias Renováveis para o Transporte e o PNTE, em coordenação com o Ministério de Obras Públicas e Transportes (MOPT). Essa Lei se converteu no arcabouço orientador para dar prosseguimento ao processo de elaboração do PNTE, uma vez que estabelece as disposições que devem ser cumpridas em matéria de incentivos financeiros (isenções¹⁴, linhas de financiamento em condições preferenciais e outros) bem como não financeiros (facilidades de uso¹⁵), infraestrutura, competências institucionais e obrigações, entre outros.

12 Posteriormente à publicação desta Lei, foram promulgados diversos Decretos Executivos.

13 Artigo 50 da Constituição Política da Costa Rica: “O Estado procurará o maior bem-estar de todos os habitantes do país, organizando e estimulando a produção e a mais adequada distribuição da riqueza. Toda pessoa tem direito a um ambiente saudável e ecologicamente equilibrado. Por isso, está legitimada a denunciar os atos que infrinjam esse direito e a reclamar a reparação do dano causado. O Estado garantirá, defenderá e preservará esse direito. A Lei determinará as responsabilidades e as sanções correspondentes.”

14 Isenções a: i) Impostos sobre a venda, seletivo de consumo e valor aduaneiro (em função do valor do veículo); ii) Peças de reposição dos veículos elétricos (VE); iii) Imposto sobre a propriedade do VE; iv) Equipamentos de montagem e produção de VE; v) pagamento de parquímetros; e vi) Imposto para peças dos centros de recarga

15 Os VE não estão sujeitos a restrição veicular e podem utilizar espaços de estacionamento especiais habilitados em espaços públicos, supermercados, centros comerciais e outros locais de estacionamento privado.

A Lei reconhece a importância de se dispor de uma infraestrutura básica de recarga elétrica como elemento habilitador para gerar segurança e confiança nos usuários em relação ao potencial da eletromobilidade, estabelecendo distâncias mínimas para a instalação das estações de recarga – no caso das rodovias nacionais de 120 km, e 80 km nas estradas secundárias. Com relação a esta rede básica de recarga, a Lei determina que só podem vender eletricidade nos centros de recarga as distribuidoras que contarem com a respectiva concessão de serviço público, sendo-lhes imposta, além disso, a responsabilidade de sua construção e implementação num prazo de 12 meses.

No caso da Costa Rica, portanto, as empresas elétricas participam da cadeia de valor do processo de recarga do veículo elétrico, no tocante ao desenvolvimento desta rede nacional de infraestrutura básica, na figura de provedor exclusivo, ao considerar-se que tal serviço se enquadra dentro do alcance da concessão do serviço público de fornecimento de eletricidade.¹⁶

Por outro lado, no ano de 2017 o Instituto Costarricense de Eletricidade (ICE), com o apoio técnico e financeiro do BID, promoveu o desenho e a implementação do Programa de Introdução de Veículos Elétricos em sua Frota Veicular¹⁷, com a finalidade de impulsionar o desenvolvimento do mercado e a penetração em fase inicial de veículos elétricos na Costa Rica. Esse projeto tornou-se a primeira iniciativa de grande escala de uma entidade pública na Costa Rica, para substituir sua frota institucional de veículos de combustão interna por unidades elétricas. Através deste Programa, o ICE levou a cabo a aquisição de 100 veículos elétricos, assim como a implantação de 110 estações de recarga. Esse Programa busca, além disso, por um lado um efeito demonstrativo junto à população em geral, a fim de gerar confiança em relação à maturidade da tecnologia para dar resposta às necessidades de deslocamento dos usuários e, por outro, contribuir para a criação das condições habilitantes para promover a economia do transporte elétrico, sobretudo estimulando e facilitando informações valiosas para o desenvolvimento da regulamentação.

Em maio de 2018 foi publicado o Regulamento de Incentivos para o Transporte Elétrico (Decreto Executivo No. 41092-MINAE-H-MOPT), com a finalidade de regulamentar a organização administrativa e as competências

¹⁶ É importante lembrar que, nos anos anteriores à entrada em vigor da Lei, as empresas elétricas, junto com diversos distribuidores de veículos elétricos (esses sem receber remuneração alguma dos usuários), já haviam iniciado a instalação de centros de recarga.

¹⁷ O Programa foi apresentado em dezembro de 2018 pelo Presidente da República, Sr. Carlos Alvarado.

institucionais vinculadas ao estímulo do transporte elétrico, por meio de incentivos econômicos e não econômicos, de acordo com a Lei No. 9518.¹⁸

Com a entrada de uma nova administração no Governo da República da Costa Rica no ano de 2018, o MIDEPLAN iniciou a elaboração do Plano Nacional de Desenvolvimento e de Investimento Público do Bicentenário 2019-2022 (PNDIP).

O PNDIP é o primeiro Plano de Desenvolvimento que incorpora uma meta nacional de descarbonização da economia, alinhada com a visão do país no médio e longo prazo.

O Plano identifica os desafios mais relevantes para a descarbonização do setor de transporte, destacando a necessidade de pôr em funcionamento o trem elétrico de passageiros conectando as principais cidades da Grande Área Metropolitana de San José e o trem elétrico de carga para movimentar mercadorias entre as Regiões Huetar Norte e Huetar Caribe, com o propósito de encurtar tempos de traslado, melhorar a competitividade e reduzir a poluição ambiental.

Além disso, o PNDIP prevê que as empresas distribuidoras de eletricidade contribuam para a descarbonização do transporte ampliando a infraestrutura nacional de recarga elétrica com a implantação de 69 novos centros de recarga rápida.

O PNDIP constitui um insumo estratégico essencial no processo de elaboração, por parte do MINAE, do Plano Nacional de Descarbonização 2018-2050, publicado em fevereiro de 2019.

Este Plano contempla 10 eixos estratégicos e oito transversais para a descarbonização da economia do país, destacando-se, no tocante à mobilidade elétrica, os seguintes:

- **Eixo 1**, orientado ao desenvolvimento de um sistema de mobilidade baseado no transporte público seguro, eficiente e renovável e em esquemas de mobilidade ativa.

Dentro deste Eixo se enquadram numerosas ações destinadas a modernizar e promover a descarbonização do transporte público, incentivando a adoção de tecnologias de zero emissão. Entre as metas propostas como resultado da implementação das medidas contempladas neste Eixo estratégico, destacam-se:

- Em 2035, 30% da frota de transporte público será de emissão zero e o Trem Elétrico de Passageiros operará de modo 100% elétrico;
- Em 2050, 85% da frota de transporte público será de emissão zero.

¹⁸ Este Regulamento foi reformado pelo Decreto Executivo 41428-H-MINAE-MOPT.

- **Eixo 2**, voltado à transformação da frota de veículos leves para emissão zero, abastecido por energia renovável, não de origem fóssil.

No âmbito deste Eixo, o Plano contempla numerosas ações e metas de curto, médio e longo prazo, que vão desde acelerar a transição da frota de veículos rumo às tecnologias de emissão zero, promovendo-se, por exemplo, a transformação de frotas institucionais e comerciais, à consolidação da rede de recarga rápida distribuída em todo o país, passando pela implementação de medidas para ampliar a oferta de veículos elétricos comercializados no país ou o desenvolvimento de incentivos e desincentivos que acelerem a transição a veículos com emissão zero.

Várias metas foram incorporadas a este Eixo, dentre as quais cabe ressaltar:

- Em 2035, 30% da frota de veículos leves – tanto privados como institucionais – será elétrica;
- Em 2050, 95% da frota será de emissão zero.

Levando-se em consideração as premissas incorporadas na Lei No. 9518 de Incentivos e Promoção para o Transporte Elétrico, o PNDIP e o Plano Nacional de Descarbonização, o MINAE foi ajustando a versão preliminar elaborada do Plano Nacional de Transporte Elétrico 2018-2030 (PNTE), apresentando e publicando o documento definitivo em 2019.

O PNTE incorpora as ações necessárias para fortalecer e promover o transporte elétrico na Costa Rica e permite visualizar o arcabouço legal e estratégico para o cumprimento dos compromissos internacionais assumidos pelo país em matéria de mudanças climáticas.

O objetivo perseguido pelo PNTE é alcançar a transformação tecnológica da frota de veículos do país (automóveis, ônibus, táxis, trens, transporte de carga, motocicletas e bicicletas), incentivando o uso de meios de transporte mais eficientes, com baixas emissões de gases de efeito estufa a fim de melhorar os níveis de qualidade do ar.

No PNTE, efetua-se um diagnóstico detalhado da situação, focando naqueles temas onde já tenham sido identificados desafios em exercícios de planejamento anteriores, particularmente em aspectos relacionados com o ordenamento territorial, o arcabouço institucional e a governança, a infraestrutura (a recarga de veículos elétricos e a operação ferroviária elétrica), os incentivos vigentes para o transporte elétrico, as tarifas elétricas e de transporte público, a tecnologia e, finalmente, o desenvolvimento de conhecimentos através de estratégias de informação e educação cidadã.

A partir desse diagnóstico, o Plano determina metas e ações¹⁹ nos três setores estratégicos identificados (transporte privado, transporte institucional e transporte público), dirigidas ao cumprimento dos objetivos específicos fixados para cada setor, que são:

- Substituir a frota nacional de veículos convencionais por veículos elétricos;
- Incorporar veículos elétricos na frota do Estado; e
- Desenvolver a eletrificação do transporte público.

O Plano incorpora ademais uma estimativa dos impactos esperados em diversos âmbitos (matriz energética, redução de emissões de GEE, saúde, demanda de derivados de petróleo e fatura petroleira).

Da mesma forma, o PNTE esboça a arquitetura institucional e organizacional responsável por sua gestão e implementação, com o objetivo de garantir a participação e coordenação das instituições públicas, os setores afins e a sociedade civil; bem como a forma pela qual serão levados a cabo seu seguimento e sua avaliação.

Com a finalidade de cumprir o estabelecido na Lei No. 9518 de Incentivos e Promoção para o Transporte Elétrico, foi promulgado, em 9 de julho de 2019, o Regulamento para a construção e funcionamento da rede de centros de recarga elétrica para automóveis elétricos por parte das empresas distribuidoras de energia elétrica (Decreto Executivo No. 41642-MINAE).

O objetivo básico deste Regulamento é regulamentar a construção e funcionamento da rede de centros de recarga elétrica, com o intuito de garantir o fornecimento de energia elétrica aos automóveis elétricos e outros tipos de veículos, com sistemas de recarga compatíveis com os mesmos, permitindo sua circulação por todo o território nacional.

O Regulamento contempla também a criação de uma plataforma informática única para a gestão operacional e comercial da rede de recarga.

Um dos elementos mais relevantes incorporados neste Regulamento é que, através do mesmo, são ajustadas as distâncias, localização e quantidade de centros de recarga de veículos elétricos que devem ser construídos e mantidos pelas distribuidoras nos diversos locais identificados na geografia nacional.

O Regulamento transfere ao MINAE a responsabilidade da execução de tais ajustes atendendo aos seguintes critérios: i) frequência de uso; ii) aumento do uso de automóveis elétricos; iii) aspectos topográficos; e iv) locais de interesse turístico, de desenvolvimento ou lugares de interesse comercial.

¹⁹ Resultados, ações, meios de verificação, prazo de execução e responsável.

As distribuidoras de eletricidade podem apresentar, para a valoração e autorização do MINAE, propostas de ajuste à rede de centros de recarga, assegurando o devido apoio técnico.

O Regulamento indica a localização geográfica dos centros de recarga, distinguindo entre a área urbana de San José e a região fora de San José, assim como a distribuidora responsável pela construção e manutenção dos mesmos.

É responsabilidade da distribuidora definir o lugar específico no qual serão localizados os centros de recarga, considerando-se diversos critérios (existência de rede trifásica, acesso à rede ethernet estável, segurança, acesso público 24/365, rotas atuais e novas de alto fluxo veicular, aspectos topográficos, proximidade de lugares de interesse turístico e desenvolvimentos de interesse nacional, bem como complexos residenciais ou comerciais). No caso das distribuidoras que oferecem o serviço na área urbana de San José, a fim de localizar os centros de recarga, devem ser considerados o fluxo veicular das rotas que conectam as zonas de alta densidade demográfica e os pontos de destino.

Além disso, o Regulamento enfatiza o fato de que as empresas distribuidoras de eletricidade, enquanto prestadoras do serviço público de distribuição e comercialização de energia elétrica, têm a responsabilidade de construir e pôr em funcionamento os centros de recarga na localização correspondente.

A rede de centros de recarga elétrica rápida, definida no Regulamento, formará parte dos ativos das empresas distribuidoras de eletricidade correspondente como elementos da rede de distribuição. Portanto, os investimentos e custos de operação e manutenção desses centros realizados pelas empresas distribuidoras de energia elétrica, serão incorporados como parte de sua estrutura de custos e serão considerados nas tarifas a serem pagas pelos usuários do serviço público de fornecimento de energia elétrica.

Em cumprimento ao disposto na Lei No. 9518 de Incentivos e Promoção para o Transporte Elétrico²⁰ e seu Regulamento, a Autoridade Reguladora dos Serviços Públicos (ARESEP) definiu, em agosto de 2019, uma tarifa única (30,08 centavos de dólar por kWh²¹) para o funcionamento dos 47 centros de recarga que compõem, de acordo com o referido Regulamento, a rede nacional de infraestrutura básica de recarga (Resolução RE-0056-IE-2019).

20 Artigo 32. "... a Autoridade Reguladora dos Serviços Públicos (ARESEP) definirá a tarifa de venda nos centros de recarga..."

21 De acordo com a taxa de câmbio média CRC/USD calculada para o mês de agosto de 2019, com base em informações do BCCR.

Além disso, com a finalidade de fornecer um sinal de preço que incentive a introdução de ônibus elétricos de forma consistente com os objetivos da Lei de Promoção e Incentivos ao Transporte Elétrico, o PNE 2015-2030, o PNTE 2019-2030 e o Plano de Descarbonização 2018-2050, a ARESEP fixou, em novembro de 2020, uma tarifa única promocional (9,4 centavos de dólar por kWh²²) para o fornecimento de energia elétrica nos centros de recarga localizados em clusters destinados a ônibus elétricos (Resolução RE-0112-IE-2020).

Fatores de sucesso

Conforme mencionado anteriormente, o processo de promoção da mobilidade elétrica na Costa Rica pode ser considerado como um caso de sucesso na região pois, num período de tempo relativamente curto, foram configurados os elementos habilitantes necessários para conseguir superar as barreiras e limitações identificadas na promoção da mobilidade elétrica no país, destacando-se o desenvolvimento do arcabouço institucional e a estrutura de governança, a implantação da infraestrutura de recarga, o estabelecimento de incentivos financeiros e não financeiros, a definição da estrutura tarifária e a propagação e disseminação de conhecimentos e informações entre os cidadãos, entre outros.

Entre os fatores que explicam esse sucesso, cabe destacar os seguintes:

Visão país. Com a independência de quem ostente o poder executivo, a Costa Rica tem um compromisso e a vocação inequívoca de liderar as ações na luta contra as mudanças climáticas, a descarbonização da economia e a preservação e conservação da biodiversidade. Neste sentido, os cidadãos em geral compartilham plenamente esta perspectiva, respaldando as decisões e ações que o poder político adota e promove com esse fim.

Matriz energética. É fato que a Costa Rica conta com uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo e que o setor de transporte é altamente dependente dos combustíveis fósseis e um dos maiores emissores de GEE, tornando-se fundamental, portanto, que a mobilidade elétrica se configure como a solução ótima para aproveitar as energias renováveis com as quais o país conta no processo de descarbonização dos transportes.

Liderança. Durante o período de referência da presente análise, o país contou com uma liderança forte e sustentada no tempo, por parte de

22 De acordo com a taxa de câmbio média CRC/USD calculada para o mês de novembro de 2020, com base em informações do BCCR.

pessoas em posições de responsabilidade, tanto no âmbito público como privado, as quais, tendo muita clareza no tocante à sua vocação de serviço e à importância da eletromobilidade para alcançar as metas de descarbonização, souberam envidar esforços com vistas a conseguir estabelecer as condições habilitantes para promover o transporte elétrico no país.²³ Tanto do ponto de vista técnico como no âmbito da divulgação dos benefícios e vantagens derivadas da mobilidade elétrica no contexto costarricense, convém ressaltar o apoio e acompanhamento que a Universidade da Costa Rica vem oferecendo a esse processo a partir do mundo acadêmico e da sociedade civil, através do *Electric Power and Energy Research Laboratory (EPERLab)*, bem como a Associação Costarricense de Mobilidade Elétrica.

Coordenação. Haja vista o elevado número de instituições e agentes pertencentes a diversos setores, envolvidos na promoção e desenvolvimento da mobilidade elétrica, no caso da Costa Rica, a harmonia e coordenação interinstitucional e dos principais atores ligados a este processo foi crucial para nortear o seu sucesso ao longo destes anos.

Planejamento. Como foi assinalado, a Costa Rica é um dos países da região que conta com maior capacidade e tradição em matéria de planejamento de seu desenvolvimento. Os sucessivos exercícios de planejamento estratégico e setorial efetuados no período de referência da análise, demonstraram com clareza a contribuição e a relevância da mobilidade elétrica para alcançar as metas de desenvolvimento econômico sustentável do país.

Os sucessivos Planos permitiram, de maneira articulada, definir objetivos, estabelecer prioridades, formular metas, determinar ações com prazos de execução e responsáveis, bem como assignar recursos, o que se mostrou essencial como marco de referência e ação no processo de promoção e desenvolvimento da mobilidade elétrica.

Envolvimento das empresas elétricas. É preciso que se destaque também o papel de protagonismo exercido pelas empresas de distribuição elétrica no processo de promoção da mobilidade elétrica no país, particularmente

23 Neste sentido, cabe destacar particularmente o papel exercido, ao longo destes anos, pela Primeira Dama Claudia Dobles, como Coordenadora da Área Estratégica de Infraestrutura, Mobilidade e Ordenamento Territorial do PNDIP; a Ministra de Ambiente e Energia, Andrea Meza (anteriormente Diretora do Escritório de Mudanças Climáticas no MINAE); a Ministra da Condição da Mulher, Marcela Guerrero (anteriormente Deputada da Assembleia Legislativa e proponente da Lei No. 9518); a Presidenta Executiva do ICE, Irene Cañas (anteriormente Vice-Ministra de Energia no MINAE); e a Presidenta Executiva do Instituto Costarricense de Ferrovias (INCO-FER), Elizabeth Briceño.

o ICE, no que tange à implantação da rede básica de recarga rápida e ao desenvolvimento de estudos técnicos e projetos piloto demonstrativos que permitiram gerar confiança entre os usuários com relação ao grau de maturidade da tecnologia, bem como informações extremamente valiosas para a elaboração das normas técnicas e a regulamentação correspondente, elementos imprescindíveis para assegurar o êxito deste processo.

Referências

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID. *Análisis de Tecnología, Industria y Mercado para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe*, 2019. Disponível em: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis_de_tecnolog%C3%ADa_industria_y_mercado_para_veh%C3%ADculos_el%C3%A9ctricos_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID. *Como llegar a Cero Emisiones Netas. Lecciones de América Latina y el Caribe*, 2019. Disponível em: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/C%C3%B3mo_llegar_a_cero_emisiones_netas_Lecciones_de_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe.pdf

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID. ELECTROMOVILIDAD. *Panorama Actual en América Latina y el Caribe*, 2019. Disponível em: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Electromovilidad_panorama_actual_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_Versi%C3%B3n_infogr%C3%A1fica_es_es.pdf

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID. *Opportunities for Electric Ferries in Latin America*, 2021. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/publications/english/document/Opportunities-for-Electric-Ferries-in-Latin-America.pdf>

MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*, 2015. Disponível em: <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*, 2009. Disponível em: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/ENCC.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, ENERGÍA Y TELECOMUNICACIONES. *Plan de Acción*, 2013. Disponível em: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/resumen-plan-de-accion-estrategia-nacional-de-cambio-climatico.pdf>

MOVE. *Informe de Movilidad Eléctrica*. Tercera edición, 2019. Disponível em: <https://movelatam.org/transicion/>

ONU – PROGRAMA PARA EL MEDIO AMBIENTE. *Movilidad Eléctrica Avances en América Latina y el Caribe*. 4ª Edición. Disponível em: <https://movelatam.org/4ta-edicion/>

ONU – PROGRAMA PARA EL MEDIO AMBIENTE. *Zero Carbon Latin America and the Caribbean: The Opportunity, Cost and Benefits of the Coupled Decarbonization of the Power and Transport Sectors in Latin America and the Caribbean*, 2019. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/34532?show=full>

*Rachel Henriques
Angela Costa
Bruno Stukart
Heloisa Esteves*

Introdução

O setor de transporte tem passado por inúmeras mudanças nos últimos anos. Os vetores que têm norteado este movimento estão não somente no desenvolvimento técnico do setor automotivo, mas também na crescente discussão sobre redução de emissões globais e locais e na busca constante por segurança energética das nações. O contexto abrange as questões climáticas e políticas ambientais, as ameaças geopolíticas e a maior competitividade das novas fontes energéticas.

O Brasil apresenta características individuais na sua matriz de transporte, com elevada participação de biocombustíveis. De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2021a), nos anos 2000 o consumo final energético brasileiro foi de 171,4 Mtep, sendo que o setor de transporte correspondeu por aproximadamente 28% deste valor. Alinhado com o PIB do período 2000- 2020, o consumo final registrou um crescimento de 2% a.a., alcançando 259,4 Mtep, e o setor transporte perf fez 31% deste montante, com taxa de 2,6% a.a.. Este comportamento refletiu o crescimento da renda, do número de automóveis, da agropecuária e a maior demanda energética por mobilidade neste intervalo de tempo. Note-se que, neste mesmo período, a participação de fontes renováveis na matriz energética cresceu aproximadamente 6,2% a.a., principalmente devido aos incentivos aos biocombustíveis, como a ampliação do percentual mandatório para etanol anidro, desenvolvimento da tecnologia *flex-fuel* no início do ano 2000, além do estabelecimento da obrigatoriedade de inserção de biodiesel no diesel B. O Gráfico 1 ilustra o consumo final energético em 2000 e 2020, com destaque para as fontes do setor de transporte.

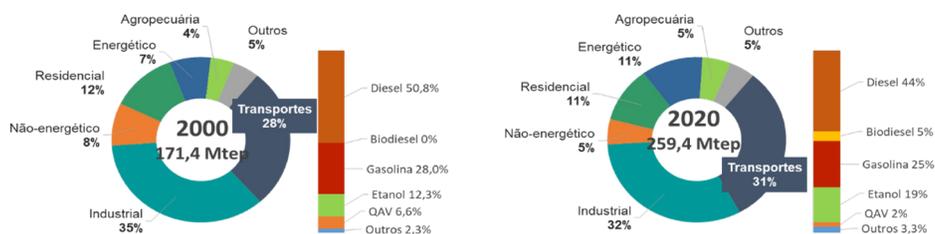


Gráfico 1. Consumo Final de Energia 2000 – 2020.

Fonte: EPE, 2021a.

O histórico do consumo final energético no setor de transporte pode ser observado no Gráfico 2 a seguir. Neste segmento, o consumo de diesel B é destinado majoritariamente para o transporte de cargas, realizado em sua maioria por veículos que utilizam motores ciclo Diesel. Por sua vez, o transporte individual de passageiros utiliza em grande parte motores ciclo Otto, sendo gasolina C (com 27% de anidro), etanol hidratado e GNV (gás natural veicular) os principais combustíveis consumidos, registrando forte crescimento entre os anos de 2000 e 2020. Neste mesmo período, a demanda energética referente ao transporte de passageiros cresceu cerca de 3,0% a.a. e do transporte de cargas 2,7% a.a. Por outro lado, a participação do transporte de cargas na demanda energética do setor de transporte retraiu de 42% em 2000 para 41% em 2020. Embora a participação do GNV seja tímida face aos outros combustíveis que compõem este setor, seu crescimento foi significativo nos últimos anos.

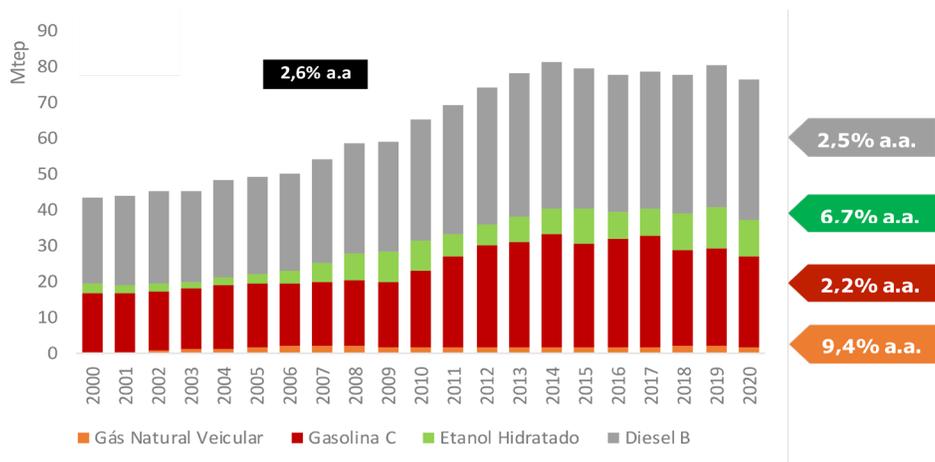


Gráfico 2. Consumo energético do setor de transporte rodoviário

Fonte: EPE (2021a) e modelagem própria.

Dado a importância do transporte individual para a demanda energética, os desafios para substituição do combustível fóssil no transporte de cargas pesadas, e os esforços recentes para encontrar novas fontes energéticas para veículos leves, o presente artigo discutirá aspectos relacionados a esse segmento.

Licenciamento de veículos leves

O licenciamento de veículos leves no Brasil apresentou sua primeira queda em 2020 após registrar 3 anos seguidos de vendas crescentes. Em virtude dos desdobramentos da Covid-19, foi observada uma retração de cerca de 27% (1,9 milhão de veículos) comparado com o ano de 2019 (2,7 milhões de veículos). Apesar dos reveses de 2020, é esperado uma recuperação das vendas e as projeções da Empresa de Pesquisa Energética, EPE para o Plano Decenal de Expansão de Energia, PDE 2030 (EPE, 2021b) apontam cerca de 4,6 milhões de veículos licenciados para o ano de 2030, conforme ilustra o Gráfico 3. Atualmente, o perfil da frota nacional é composto por veículos *flex fuel* (79,2%), seguido por automóveis a gasolina (19,5%), etanol (1,2%) e híbridos (0,1%). Estima-se que em 2030 este perfil seja de 89%, 9%, 0,2% e 2,0% respectivamente.

As análises elaboradas pela EPE também avaliam a taxa de motorização veicular, expressa em habitantes por veículo. É esperado que, para o Brasil, o valor para 2030 aproxime-se de 4,2, um pouco acima do observado atualmente, de 4,8 (em 2016), mas ainda abaixo do registrado em economias comparáveis à nacional como a Argentina (3,1) e México (3,2) e ainda longe dos valores observados para os EUA (1,2). Caso se alcance no Brasil os patamares observados em outros países latinos, há espaço para incremento ainda maior no licenciamento veicular.

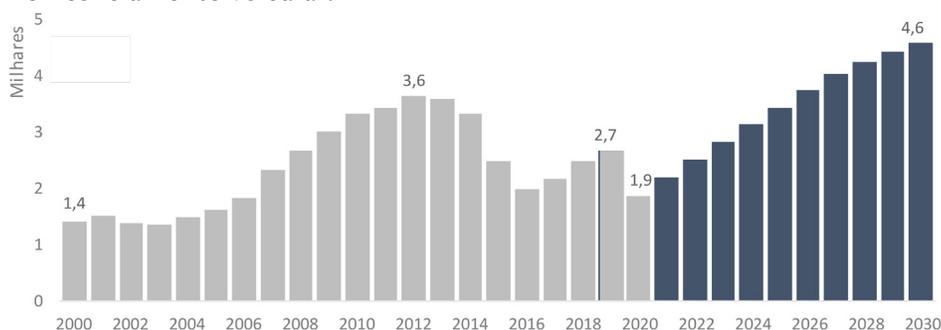


Gráfico 3. Licenciamento de veículos leves.

Fonte: EPE, 2021b e ANFAVEA, 2021.

Licenciamento de híbridos e elétricos

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, ANFAVEA, não desagra as características dos modelos vendidos em seu anuário (ANFAVEA, 2021). O histórico de licenciamento de híbridos e elétricos aponta que a venda em 2016 foi de cerca de mil veículos, em 2018 este número foi da ordem de 4 mil unidades. Apesar da contração do mercado automobilístico observado em 2020, os veículos híbridos e elétricos apresentaram um comportamento acima do registrado em anos anteriores. Em 2020 foram vendidas cerca de 20 mil unidades, 67% acima do registrado em 2019 (12 mil unidades). Embora estes valores representem uma parcela ainda pouco significativa do licenciamento total (1,0% em 2020 e 0,4% em 2019), o que se observa é uma aceleração destas vendas. Alguns fatores podem justificar este comportamento, tais como a presença de um novo veículo híbrido flex, com características mais aderentes a um sedan e a um preço mais competitivo, fazendo com que o grupo socioeconômico de faixa de renda mais elevada, opte por investir em novos veículos. O Gráfico 4 a seguir ilustra a venda de veículos nos anos 2019 e 2020 especificamente, segundo a ANFAVEA (2021). É visível o impacto que a pandemia e seus desdobramentos causaram nas vendas de veículos em 2020.

O recente estudo *Global EV Outlook 2021* (IEA, 2021) dispõe das vendas de veículos elétricos e híbridos para o mundo, onde se evidencia a participação relevante de veículos puramente elétricos no cenário mundial. O Gráfico 5 ilustra a venda acumulada de veículos elétricos puros (BEV – *battery electric vehicles*), híbridos *plug-in* (PHEV – *plug-in hybrid electric vehicles*) e veículos a célula combustível (FCEV – *fuel cell electric vehicles*) no mundo. As análises regionais deste relatório indicam forte crescimento das vendas de veículos elétricos na Europa, destacando as vendas da Alemanha (395 mil), França (185 mil) e Inglaterra (176 mil). Os números da China impressionam, pois mesmo com a pandemia de Covid-19 afetando diretamente a economia do país, fazendo a venda total de automóveis decrescer 9%, a participação de elétricos puros foi de 5,7% em 2020, face aos 4,8% registrados em 2019, e representou 80% do total licenciado de BEV, PEHEV e FCEV. Somadas, as três categorias chegam a 1,2 milhão de unidades vendidas. Nos EUA, o mercado automotivo reduziu em 23% em 2020. Mesmo diante deste cenário, a contração dos veículos elétricos foi 11%, totalizando 295 mil unidades, das quais 78% de elétricos puros. A venda destes veículos na América Latina ainda é tímida, assim como o observado no Brasil.

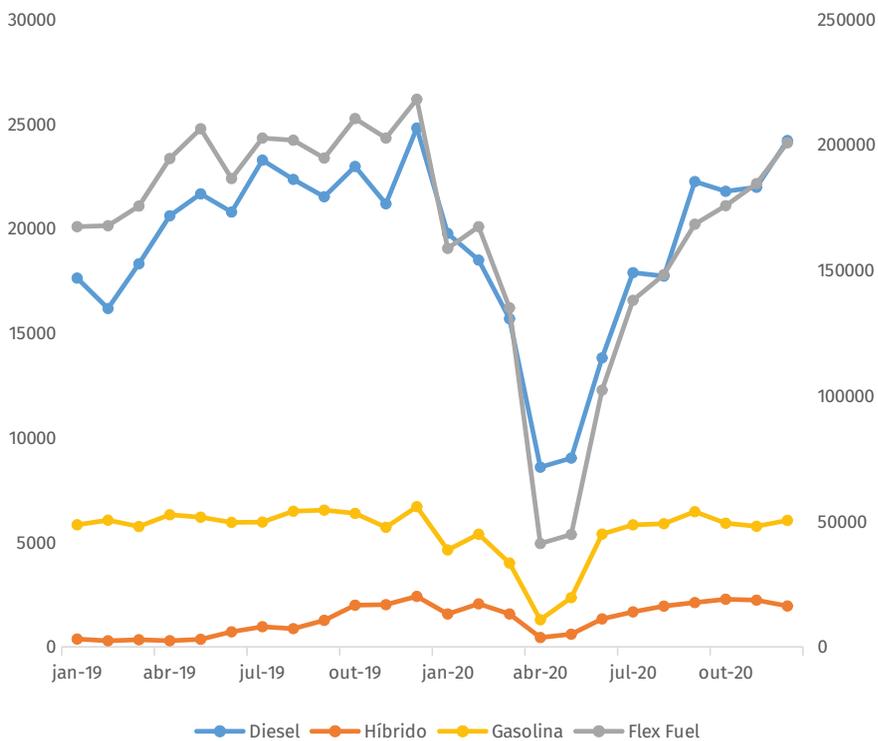
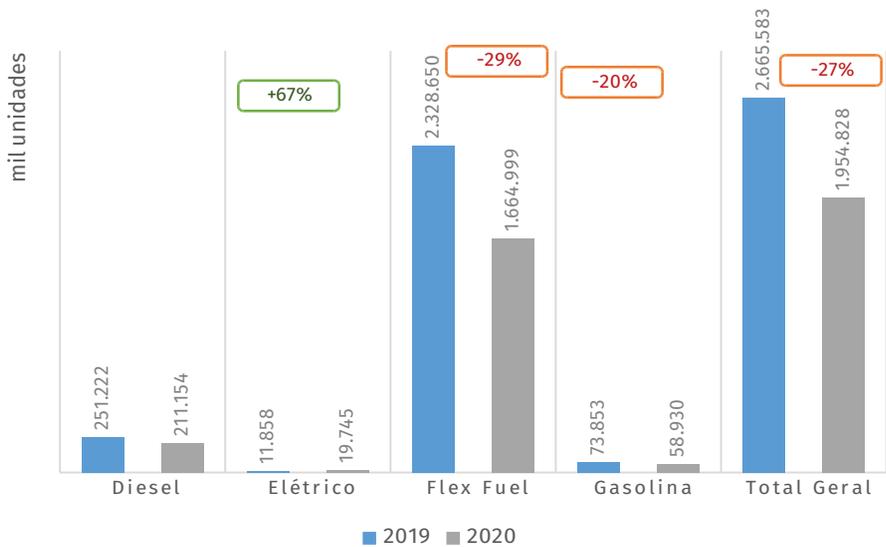


Gráfico 4. Comparativo vendas de veículos por categoria 2019 x 2020 – anual e mensal.

Fonte: ANFAVEA, 2021.

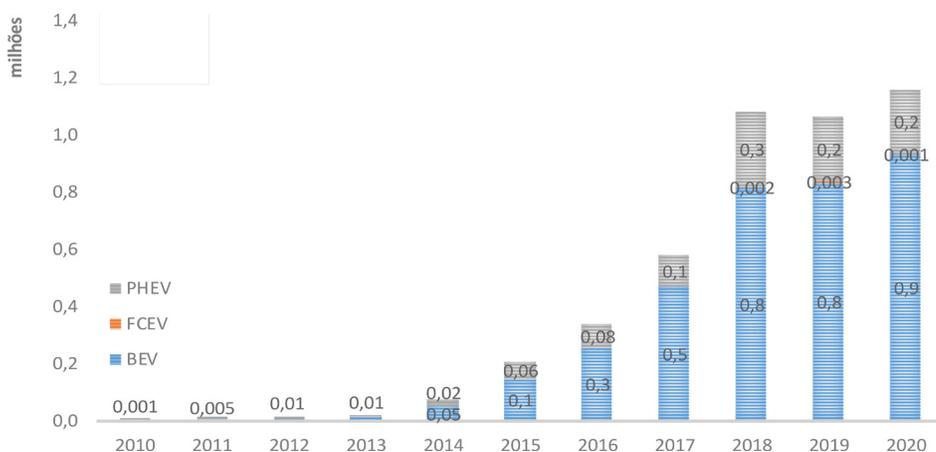


Gráfico 5. Vendas de veículos híbridos e elétricos no mundo.

Fonte: IEA, 2021.

Projeções de Licenciamento

A projeção da EPE para o licenciamento de veículos leves no Brasil, prevê a contínua entrada de híbridos e venda de elétricos ainda tímida no curto prazo e mais significativa após 2030. É esperado que a participação dos veículos a combustão interna no licenciamento reduza ao longo do tempo, alcançando 17% em 2050. O Gráfico 6 apresenta a curva de penetração tecnológica para o cenário de referência, baseada no documento de apoio ao Plano Nacional de Energia, PNE 2050 “Eletromobilidade e Biocombustíveis” (EPE, 2018).

O horizonte de entrada dos veículos baseou-se no amadurecimento dessa tecnologia no Brasil, na superação dos obstáculos que serão discutidos posteriormente, bem como na percepção dos nichos onde esses veículos seriam mais competitivos. A micro e/ou mini hibridização já está presente nos veículos leves a combustão interna (ICE), aumentando sua eficiência e possibilitando alguma facilidade ao motorista, como a frenagem regenerativa e o autoestacionamento, respectivamente. Os veículos híbridos *flex fuel* apresentam-se de forma mais atrativa no médio prazo, pois além de maior eficiência que os ICE, fazem o uso da estrutura de distribuição de combustível existente. Além disso, a presença da bateria traz atratividade para nichos específicos - caso das frotas cativas e veículos para centros urbanos. Os veículos elétricos por sua vez surgem como uma possibilidade mais concreta a longo prazo.

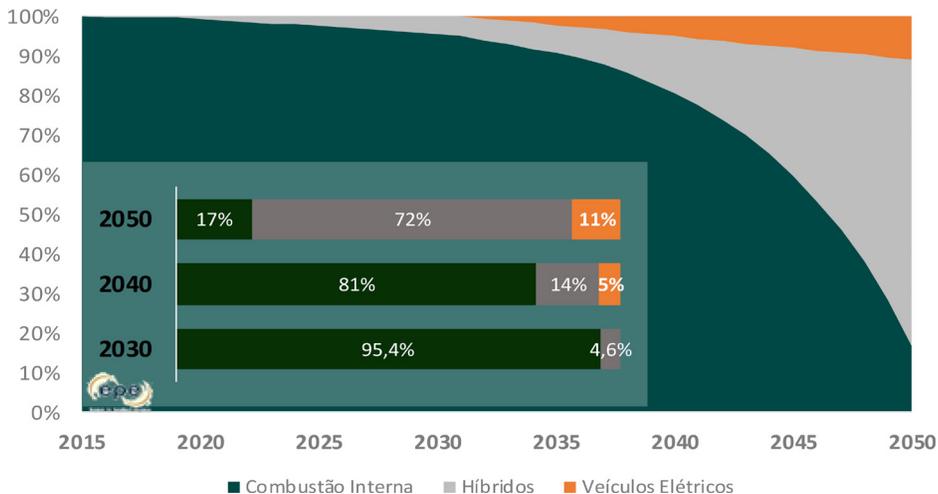


Gráfico 6. Vendas anuais de veículos leves – Curva de referência.

Fonte: EPE, 2018.

Adiciona-se neste mapa do caminho para os veículos leves a célula combustível a etanol. Em que período esta tecnologia estará competitiva ainda é incerto, porém suas características se adequam à realidade nacional e pode haver uma inserção no licenciamento destes veículos ainda no médio prazo do horizonte do estudo. Utilizando-se a tecnologia já conhecida, os veículos a célula combustível aproveitam-se da estrutura existente para distribuição de etanol, têm autonomia que pode chegar a 600 km com 30 litros e não emitem gases de efeito estufa durante seu uso. Contudo, possuem um reformador pesado (250 kg), que pode se tornar mais leve e melhorar a eficiência global do veículo. A Figura 1 traz um esquema simplificado do funcionamento de um veículo a célula combustível. Abastecido com etanol e água, ocorre produção de hidrogênio no reformador interno, alimentando a célula combustível, gerando vapor d'água e eletricidade, e esta propulsiona o motor elétrico (UDOP, 2021).

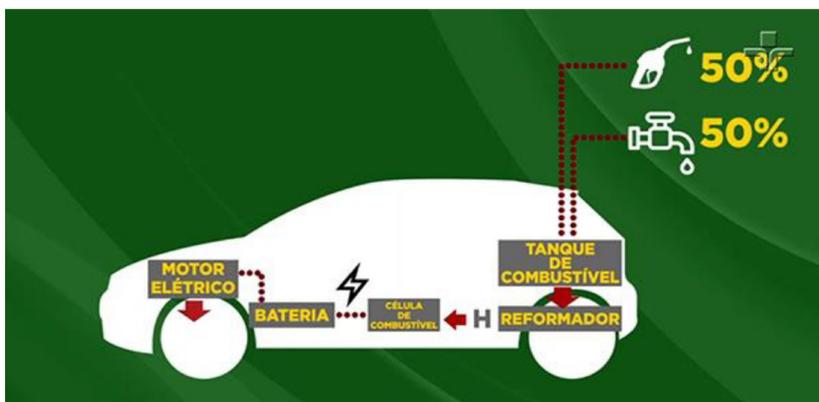


Figura 1 .Veículo a célula combustível.

Fonte: UDOP, 2021.

Barreiras para a eletromobilidade

Os veículos elétricos puros encontram-se em menor quantidade que os híbridos no mercado nacional. São diversos os obstáculos identificados para justificar sua entrada gradativa. Dentre eles destacam-se:

1) Baterias

- a) A autonomia apresentada nos modelos elétricos atuais ainda é baixa. Além disso, o tempo de recarga ainda é elevado e deve-se considerar a baixa infraestrutura elétrica existente.
- b) A matéria-prima utilizada na produção das baterias está concentrada em alguns países e, embora seu preço tenha apresentado significativa retração nos últimos anos, não é possível assegurar que com maior produção desses veículos não seja provocada uma elevação nos valores.

2) Infraestrutura

- a) A implementação de infraestrutura para carregamento requer elevados investimentos em postos de recarga e entrepostos, melhores especificações das instalações e mão de obra qualificada.
- b) Arcabouço legal para este segmento, que inclui a figura do prossumidor e as novas diretrizes das revisões do novo modelo do setor elétrico, considerando a tarifação horária.

3) O custo do veículo

- a) No Brasil este ponto é muito significativo. Apenas 5% dos veículos vendidos em 2020 apresentam preço acima de 150 mil reais, limite inferior do preço de um veículo híbrido no mercado atualmente. Os elétricos são ainda mais caros, oscilando entre 160 mil reais e 1,0 milhão de reais. Com dados da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, FIPE, (2021) e ANVAFEA (2021) foi feito uma análise cruzada e obtido a distribuição de volume de vendas por valor. No Gráfico 7 é possível observar que a venda de veículos se concentra em uma faixa de preço cujo valor médio é bastante inferior ao ticket médio de um veículo híbrido ou elétrico. O veículo elétrico está em uma faixa de preço que inclui apenas uma pequena parcela dos veículos licenciados nacionalmente em 2020.

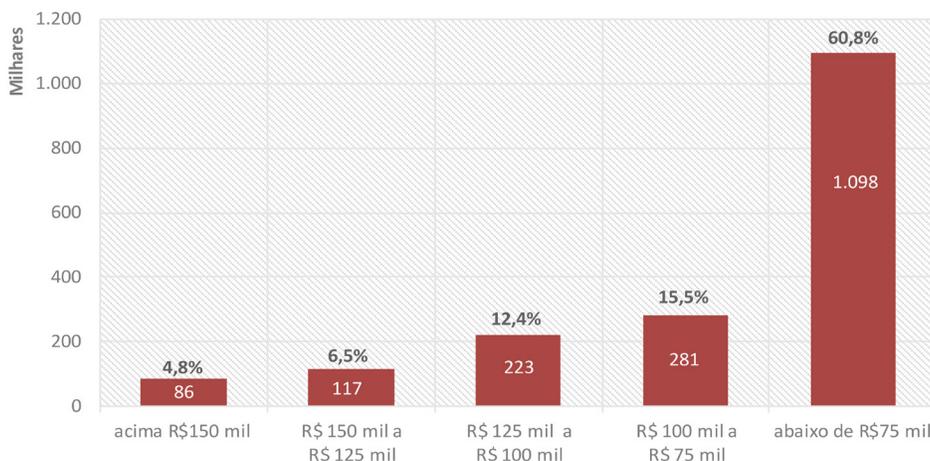


Gráfico 7. Distribuição de vendas de veículos de acordo com o valor – 2020 (proporção e em reais).

Fonte: EPE, com base em ANFAVEA (2021) e FIPE (2021).

Complementar a esta análise, o Gráfico 8 ilustra a perspectiva de queda de preço para veículos elétricos no mundo até 2030 e considera uma estabilidade no valor do veículo convencional, o que tornaria os veículos híbridos e elétricos mais competitivos. De acordo com as informações do Gráfico 8, seria possível que no meio desta década os preços dos veículos elétricos puros (com autonomia de 400 milhas) estejam próximos ou ainda menores que os a combustão interna.

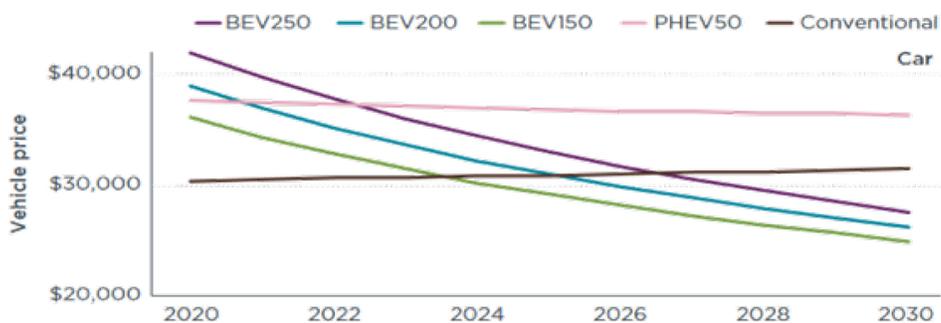


Gráfico 8. Projeção de preços para veículos híbridos e elétricos no mundo.

Fonte: ICCT, 2019.

Apesar das dificuldades identificadas acima, entende-se que estes veículos devam ocupar nichos de mercado, como frotas cativas, serviços de entrega e de compartilhamento de veículos. Grandes centros urbanos possuem problemas relacionados à emissão de material particulado, o que pode ser minimizado com o menor consumo de combustível fóssil pelos veículos que circulam nestes locais. A EPE disponibilizou em sua página de internet o estudo “Impacto na saúde humana pelo uso de biocombustíveis na Região Metropolitana de São Paulo” (EPE, 2021c) onde essa questão é discutida e avaliada de acordo com os diferentes percentuais de mistura de biocombustíveis e as emissões de particulados associados.

Futuro dos Transportes

Os desafios do setor de transporte são inúmeros no Brasil e no mundo. As fontes energéticas que serão utilizadas para este segmento são questionadas, buscando-se soluções mais sustentáveis. Muito tem sido discutido sobre o processo de transição energética, de como será a matriz energética do futuro, quais os setores que sofrerão maiores transformações, qual fonte será favorecida na matriz do longo prazo. Avaliando o histórico, o que se observa é que o processo de transição é lento, começando na lenha, passando pelo carvão, chegando no petróleo e, mesmo sem seu esgotamento, cresce a participação do gás natural e fontes renováveis. Mais recentemente o hidrogênio, de diversas fontes e processos, tem sido apontado como uma fonte promissora para o longo prazo.

Neste cenário, a EPE estima a demanda energética de transporte no Brasil, para o horizonte de 2030 (EPE, 2021b). Projeta-se que esta acompanhará

o crescimento do PIB, e o setor de transporte deverá aumentar a dependência de diesel, dada a grande importância do uso do transporte rodoviário para o transporte de cargas no país (ver Gráfico 9). O aumento do percentual obrigatório de biodiesel ao diesel B deve amenizar a dependência do combustível fóssil. Para o ciclo Otto é esperado uma retomada após alguns anos. No entanto, composição da fonte energética muda, com o etanol hidratado ganhando importância, especialmente com o programa RenovaBio. Adicionalmente, a demanda por eletricidade cresce, mas ainda majoritariamente devido ao transporte metroferroviário. As frotas de automóveis e ônibus elétricos ainda não serão suficientemente significativas em 2030. Para os ônibus elétricos, há desafios relacionados ao preço de aquisição das versões elétricas comparativamente com as versões a diesel, com possíveis reflexos nas tarifas de transporte e à comercialização de veículos usados.

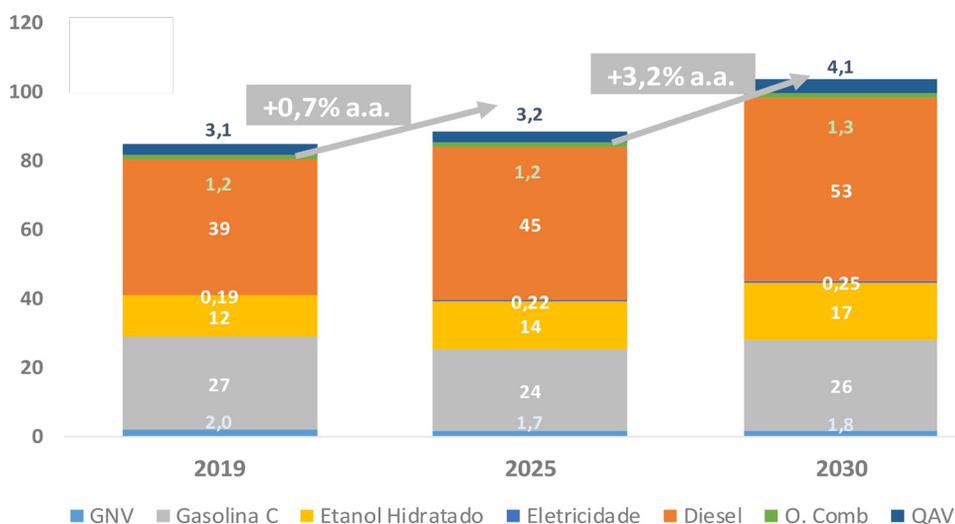


Gráfico 9 Consumo energético dos transportes por fonte (milhões tep).

Fonte: EPE, 2021b.

Considerações Finais

O Brasil possui uma das mais limpas matrizes energéticas do mundo, sendo a de transportes significativamente renovável (24,5% em 2020) (EPE, 2021a). Esta participação tem se mantido ao longo dos últimos anos, não somente pelas condições edafoclimáticas e territoriais, que auferem ao país capacidade de produção de biocombustíveis de forma competitiva, mas também por

políticas públicas que tornaram obrigatória a mistura de etanol e biodiesel aos seus análogos fósseis.

A demanda energética do setor de transportes deve continuar crescendo puxada pela demanda de mobilidade de cargas e pessoas. No horizonte decenal, projeta-se a evolução da participação dos biocombustíveis, mantendo o caráter renovável da matriz. Contudo, a principal fonte energética desse setor deverá continuar sendo os derivados de petróleo. A eletricidade deve ganhar mais importância no longo prazo.

Automóveis elétricos à bateria custam significativamente mais que os seus equivalentes do ciclo Otto. Custo de aquisição, falta de infraestrutura de carregamento, *range anxiety* e o perfil da distribuição de renda devem fazer com que o aumento da sua participação se dê paulatinamente.

No entanto, políticas de incentivos à eletrificação dos transportes podem acelerar a adoção dessa tecnologia e sua disseminação poderá ocorrer de forma significativa, especialmente para certos nichos.

Transição energética e pressões por mudanças ambientais devem continuar estimulando investimentos em P&D e a criação de um mercado de massa, que permite economias de escala, pressionando para baixo custos de baterias e outros equipamentos.

Referências

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2021*, 2021. Acesso em: 1 jul 2021. Disponível em: <https://www.anfavea.com.br/anuarios>

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). *Eletromobilidade e Biocombustíveis. Estudos de Longo Prazo – documento de apoio ao PNE 2050*. Dezembro de 2018. Acesso em: 4 jul 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). *Balanco Energético Nacional, ano base 2020, 2021a*. Acesso em: 16 jul 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 – PDE 2030*, 2021b. Acesso em: 22 jul 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). *Impacto na saúde humana pelo uso de biocombustíveis na Região Metropolitana de São Paulo*, 2021c. Acesso em: 02 jul 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>

FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas). *Índice – indicadores - Preços médio de veículos*, 2021. Acesso em: 20 jul 2021. Disponível em: <https://veiculos.fipe.org.br/>

ICCT (The International Council on Clean Transport). *Update on electric vehicles costs in the United States through 2030*, 2019. Acesso em: 08 jul 2021. Disponível em: <https://theicct.org/publications/update-US-2030-electric-vehicle-cost>

IEA (International Energy Agency). *Global EV Outlook 2021*, 2021. Acesso em: 30 junho 2021. Disponível em <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

UDOP (União Nacional da Bioenergia). Vídeos: “Entenda a lógica do carro elétrico a etanol em matéria da TV Cultura”, 2021. Acesso em: 14 jul 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cxJv-6RIANQ>

Alberto José Leandro Santos

Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com Mestrado pelo Programa de Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Possui experiência nas áreas de planejamento energético, impacto climático no setor de energia e em análise de viabilidade econômica de energia solar fotovoltaica.

Altair Aparecido de Oliveira Filho

Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT), IFSP. Doutor em Política Científica e Tecnológica, UNICAMP. Pós-doutorando do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DCPT), do Instituto de Geociências da UNICAMP. Pesquisador do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE).

Angela Costa

Engenheira Química formada pela UFRJ. Mestre em Planejamento Ambiental e Doutora em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ. Desde 1999 atua no desenvolvimento e coordenação de estudos relacionados ao planejamento energético, destacando-se a elaboração de cenários de médio e longo prazo para oferta e demanda de energia, com ênfase nas projeções para derivados de petróleo, etanol, biodiesel, bioeletricidade, biogás, mudanças climáticas e demanda energética do setor de transportes. Analista de Pesquisa Energética da EPE desde 2006, tendo exercido as funções de Consultora Técnica e, desde julho de 2019, Superintendente de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis.

Anna Carolina Navarro

Doutoranda do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DCPT), do Instituto de Geociências da UNICAMP. Pesquisadora do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE). Consultora em projetos sobre Mobilidade Urbana de Baixo Carbono.

Anuska Soares

Graduada em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com MBA em Finanças Corporativas pela PUC-RIO e MBA em Relações Internacionais pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Sólida formação financeira e administrativa, experiência em comércio exterior e especialista em análise de contratos e coordenação de equipes. Desde 2019 trabalha na Fundação Konrad Adenauer, ocupando o cargo de Coordenadora de Projetos do Programa Regional Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA), atuando em projetos relacionados à transição para energias renováveis, integração energética na região, cidades sustentáveis e inteligentes, preservação da biodiversidade para o desenvolvimento sustentável, economia circular e mudanças climáticas.

Bruno Stukart

Engenheiro e Economista com mestrado em Finanças e Economia, e experiência no setor petrolífero e de transportes. É analista da Empresa de Pesquisa Energética há 7 anos. Durante esse período, fez parte da equipe que assessora o Ministério de Minas e Energia do Brasil com informações econômicas sobre o setor nacional e internacional de petróleo, gás e biocombustíveis, para apoiar a formulação de políticas. Nessa função, foi modelador líder para a demanda do setor de transporte brasileiro, e atuou como consultor técnico em diferentes iniciativas governamentais, comissões e grupos de trabalho do setor de energia.

Carlos Andrés Álvarez

Profissional em engenharia elétrica, especialista em Sistemas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica e Mestre em Gestão de Energia Sustentável. Experiência em planejamento estratégico e gestão de projetos, liderando equipes de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação aplicados ao setor elétrico. Possui experiência na análise de tendências energéticas e de mercado, análise regulatória e política visando acelerar a transição energética do país. Atualmente está associado ao Ministério de Minas e Energia, liderando as linhas de trabalho em mobilidade elétrica e eficiência energética.

Carlos Jose Echevarria Barbero

Tem mais de 25 anos de experiência no financiamento de projetos de infraestrutura, sendo os últimos 20 anos financiando operações no setor de energia, principalmente em países da América Latina, com foco na Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, México, Peru e Venezuela. Atualmente, é Especialista Regional Líder de Energia do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e é responsável pelo diálogo setorial e pelas operações de energia do Banco no Brasil. É responsável por coordenar as atividades realizadas pelo BID no âmbito de várias iniciativas de interconexão elétrica bilaterais e multilaterais, como o Sistema de Interconexão Elétrica do Sul – SIESUR - ou a iniciativa Arco Norte, entre outras, e o diálogo e relacionamento com as autoridades dos países participantes dessas iniciativas. É formado em Administração de Empresas, com MBA e mestrado em Energias Renováveis e Sistemas Elétricos.

David Alves Castelo Branco

Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com Mestrado e Doutorado pelo Programa de Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Possui experiência em pesquisa na área de Planejamento Energético, atuando principalmente nos seguintes temas: tecnologias de baixo carbono; fontes de energia renováveis e análise do ciclo de vida (ACV).

Edgar Barassa

Doutor em Política Científica e Tecnológica, UNICAMP. Pós-doutorando do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DCPT), do Instituto de Geociências da UNICAMP. Pesquisador do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE). Fundador da Barassa & Cruz Consulting e consultor em projetos de mobilidade elétrica, tecnologias emergentes verdes e energias renováveis.

Fabício Pietrobelli

Engenheiro civil com especialização em Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, mestre em Planejamento Urbano e Regional com foco em Infraestrutura, Inovações e Transições Sustentáveis pela mesma universidade. Integrou a coordenação regional do Programa MOVE (Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe) do Programa de Meio Ambiente da ONU como Especialista regional em mobilidade elétrica, apoiando a execução e implementação simultânea de projetos de mobilidade elétrica em 15 países do continente. Participou como estudante visitante na Universidade de Glasgow (Reino Unido) pela CAPES, quando recebeu um prêmio de louvor do Royal Town Planning Institute do Reino Unido por um projeto de estratégias de ordenamento territorial desenvolvido. Desde 2015 estuda e trabalha com projetos relacionados à ação climática e desenvolvimento sustentável na América Latina e Caribe.

Fernando Campagnoli

Especialista em Regulação de Energia da Agência Nacional de Energia - ANEEL, geólogo pela Universidade de São Paulo - USP com Doutorado na Escola Politécnica da USP e pós-doutorados em Gestão de Reservatórios pelo Instituto Internacional de Ecologia - IIE e em Economia de Inovação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. No campo da regulação atua na formação e consolidação da Rede de Inovação no Setor Elétrico – RISE, que reúne agentes do setor elétrico, grupos de pesquisa nacionais e internacionais e representantes da indústria no tema da Mobilidade Elétrica. Docente da disciplina “Redes de Inovação” do curso “Mobilidade Elétrica: Políticas Públicas, Planejamento e Oportunidades de Negócios” pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Flávia L. Consoni

Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. Coordenadora do LEVE – Laboratório de Estudos do Veículo Elétrica. Coordenadora do Curso de Extensão Mobilidade Elétrica: Políticas,

Planejamento e Modelos de Negócios oferecido pela Escola de Extensão da Unicamp. Membro do Comitê Gestor e do Conselho de Ciência e Tecnologia da Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. Curadora do Caderno Planeta Elétrico do Jornal Estadão.

Guilherme Ferreti Rissi

Engenheiro Elétrico pela USP. MBA em finanças pela Saint Paul Business School. Mes-trando na UNICAMP. Funcionário da CPFL, responsável por projetos de P&D que estu-dam armazenamento de energia aplicado à geração renovável e o desenvolvimento do ecossistema de Mobilidade Elétrica no Brasil.

Heloisa Esteves

Renomada especialista na área de regulação energética, com cerca de 20 anos de expe-riência no setor. Autora de artigos científicos e capítulos de livros relacionados à econo-mia da energia, regulação e defesa da concorrência, e revisora de revistas técnicas inter-nacionais, Heloisa é Doutora em economia e advogada pós-graduada em Direito Público. Foi ainda pesquisadora visitante na Escola de Direito da Universidade da Virgínia e bols-ista do Columbia Women's Leadership Program, da Universidade de Columbia. É tam-bém servidora pública federal de carreira da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, e desde maio de 2020 é Diretora de Estudos de Petróleo, Gás Na-tural e Biocombustíveis da Empresa de Pesquisa Energética do Governo Brasileiro – EPE.

Isaac Dyner Rezonzew

Reitor da Faculdade de Ciências Naturais e Engenharia da Universidade Jorge Tadeo Lo-zano, é Doutor em Ciências da Decisão pela Universidade de Londres (LBS). Foi Professor Titular da National University e foi professor visitante na British Academy, bem como vi-sitante acadêmico no Imperial College London, City University, London Business School, Warwick University, University of Lugano e outras universidades. Seu principal interesse em pesquisa e consultoria é em política e regulação energética, mercados de energia, estratégia corporativa, política para redução de emissões, planejamento de cenários, mo-delagem, simulação e o papel da energia no desenvolvimento. Tem mais de 200 publica-ções, incluindo relatórios de conferências internacionais, livros e periódicos revisados por pares, como o European Journal of Operational Research, System Dynamics Review, Energy Policy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy, entre outros.

Javier Rosero García

Nasceu em Potosí, Colômbia em 1978. Formou-se em engenharia elétrica pela Universi-dad del Valle, Cali – Colômbia em 2002. Entre 2002 e 2004 trabalhou em manutenção e construção de sistemas de energia e subestações em Bogotá, Colômbia. Em 2007 obteve o doutorado pela Universidade Politécnica da Catalunha em Barcelona e o mestrado em administração pela Universidade Nacional da Colômbia em 2020. Recebeu o prêmio IEEE AESS Harry Rowe Mimno por excelência em comunicações técnicas da Aerospace and Electronic Systems Society (AESS) IEEE 2007 e Membro Sênior do IEEE em 2020. De 2007 a 2009, trabalhou na Asea Brown Boveri (ABB), Barcelona como Service Product Mana-ger em suporte técnico para máquinas elétricas e acionamentos para o setor industrial e

geração eólica. Desde 2010, atua como Professor Titular no Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Nacional da Colômbia, Bogotá, D.C. Participou em mais de 80 publicações em revistas e conferências do IEEE. Membro do Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica, IEEE, Sociedade Internacional de Automação, ISA. Possui mais de 10 anos de experiência em modelagem, simulação e controle de máquinas e acionamentos elétricos, mobilidade elétrica e redes inteligentes.

Lucca Zamboni

Concluiu graduação (2003) e Mestrado (2007) em Engenharia Elétrica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e Doutorado (2013) pela Universidade São Paulo - USP. Profissional com sólida formação agregada à experiência profissional em diferentes áreas de atuação possibilitando ampla e diversificada experiência de mais de 22 anos de atuação no setor de energia elétrica. Habilidade comprovada no desenvolvimento e análises estratégicas, desenvolvimento e avaliação de projetos inovadores com ampla experiência em prospecção e desenvolvimento tecnológico e gerenciamento de projetos. Atuou como Gerente do Programa de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) da EDP (2007 a 2017), como Vice Coordenador (2013-2015) e Coordenador do Grupo de Trabalho de P&D ABRADDEE (2015-2017). Foi Engenheiro e Pesquisador na Cipoli Engenharia e Consultoria, MVKL, Sete Engenharia e Consultoria, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Bandeirante Energia S.A., Companhias Paulista e Piratininga de Força e Luz, Escelsa e Rio Grande Energia. Atuou como Professor no Curso de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado no Mackenzie (2007-2012). É pesquisador associado e Professor do GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico e Sócio-Diretor na LUCZ Energia e Inovação. Autor de capítulos de livros, possui artigos publicados em periódicos internacionais e em revistas nacionais e em anais eventos (congressos, seminários etc.). Especialidades: Engenharia elétrica; Energia; Distribuição de Energia; Pesquisa & Desenvolvimento; Redes Elétricas Inteligentes; Digitalização; Sistemas de Armazenamento; Geração Distribuída; Mobilidade Elétrica; Fontes Renováveis; Regulação; Identificação e Localização de Falhas; Qualidade de Energia Elétrica; Eficiência Energética; Gestão de Processos, Projetos e Orçamentos; Gestão de Perdas Técnicas e Comerciais; Planejamento Estratégico, Sistemas de Energia e Inteligência Artificial, com Aplicações em Engenharia e Computação.

Luiza Masseno Leal

Mestranda no Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético - PPE - COPPE/UFRJ e graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Atua como pesquisadora no Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL/UFRJ, no âmbito de projetos de Pesquisa & Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Durante a graduação, estagiou na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, na superintendência de Defesa da Concorrência, Estudos e Regulação Econômica e atuou na Liga Acadêmica de Políticas Públicas IE - UFRJ - LAPP.IE.

Mauricio Tiomno Tolmasquim

Mauricio Tolmasquim é Professor Titular do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, foi presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Secretário

Executivo e Ministro Interino do Ministério de Minas Energia, tendo sido responsável pela coordenação do grupo de trabalho que desenhou o marco regulatório do setor elétrico vigente desde 2004. Foi pesquisador visitante do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e, do Electricity Policy Group na Harvard Kennedy School. Em função dos leilões de energia renovável implantados no Brasil e adotados por diversos países da América Latina, foi eleito pela Latin Trade Magazine como uma das 25 pessoas que transformaram a América Latina no último quarto de século. Foi condecorado pelo Itamaraty com o grau de Grande Oficial da Ordem do Rio Branco, que distingue o serviço meritório e as virtudes cívicas. Foi eleito membro da Academia Brasileira de Engenharia, um reconhecimento aos talentos excepcionais desta profissão. Foi incluído na lista de Thought Leader da The Recharge Magazine, que considera alguns dos maiores nomes do setor eólico e solar. Mauricio já fez parte da lista das 30 pessoas globais mais importantes do setor eólico elaborada pela Wind Power Monthly. Tolmasquim é autor ou coautor de 25 livros e mais de uma centena de artigos publicados em periódicos científicos e em jornais.

Nicolás Castromán

Consultor Nacional do Projeto MOVE-LATAM para Uruguai, economista pela Universidade de la República – UDELAR, mestre em Economía pela UDELAR. Especialista em Despacho Econômico na Administración del Mercado Eléctrico do Uruguai, e Coordenador do Centro de Formação em Operación y Mantenimiento en Energías Renovables (CEFOMER) e do Projeto ETRELA na Universidade Tecnológica do Uruguai (UTEC).

Nicole Stopfer

É Diretora do Programa Regional Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina da Fundação Konrad Adenauer com sede em Lima (Peru). Antes de assumir seu cargo atual, foi vice-representante da KAS México entre 2013 e 2015, bem como responsável pelos países do Cone Sul na sede da Fundação. Possui mestrado em Relações Internacionais pela FU Berlin e pela George Washington University.

Nivalde José de Castro

Professor Doutor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ desde 1975. Leciona disciplinas na graduação e pós-graduação sobre o setor elétrico. Coordenador do GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico- vinculado ao PPEd –Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento -, onde desenvolve pesquisas e estudos sobre inúmeros aspectos relacionados direta e indiretamente com o setor elétrico: análise do modelo de estruturação, matriz de energia elétrica, padrão de financiamento, processo de concentração, regulação, modelagem dos leilões de energia e de linhas de transmissão, equilíbrio econômico - financeiro das empresas do setor, linha de estudos sobre governança corporativa pública. Ao longo dos últimos anos, coordenou pesquisas contratadas por grupos como Eletrobras, EDP, CSN, AES, Unica, Furnas, Itaipu Binacional, CPFL, ENEVA e ENERGISA.

Rachel Martins Henriques

Engenheira Química formada pela Universidade Federal Fluminense em 2001. Possui M.Sc. e D.Sc. em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ, com parte da pesquisa desenvolvida na Universidade Católica de Louvain-la-Neuve. Desde 2002 vem atuando no desenvolvimento de estudos relacionados ao Planejamento Energético. A partir de 2008 passou a integrar o quadro de funcionários da Diretoria de Petróleo, Gás e Biocombustíveis/EPE, colaborando nos estudos relacionados à Área de Biocombustíveis, dentre eles os relacionados aos Planos Decenal de Expansão de Energia - PDE e Plano Nacional de Energia - PNE.

Ricardo Raineri

Membro do Grupo de Trabalho Técnico do Diálogo de Alto Nível sobre Transição Energética, UN DESA. Ex-ministro chileno de Energia e Presidente do Conselho da Companhia Estatal de Petróleo do Chile (ENAP). Foi membro do Conselho do Sistema de Empresas Estatais, holding que supervisiona a direção estratégica de 22 empresas estatais, e também foi membro do Conselho da Schwager Energy e Presidente do Comitê de Ética da Schwager Energy. Ex-Diretor Executivo Suplente do Banco Mundial para a presidência do Cone Sul, representando Argentina, Bolívia, Chile, Paraguai, Peru e Uruguai. Professor do Departamento de Engenharia Industrial e de Sistemas da Escola de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Chile; e Vice-Presidente para Assuntos Acadêmicos da IAEE (www.iaee.org). Tem publicado em várias revistas acadêmicas e é regularmente consultado como especialista em questões relacionadas com os setores de energia, telecomunicações e outros setores de infraestruturas e serviços, tanto públicos como privados. Suas principais áreas de especialização são no setor de energia, abordando temas como integração energética regional, estratégia e política de concorrência, regulação econômica, estrutura de mercado, precificação e governança corporativa. Sua experiência também se estende a outros setores, como telecomunicações, abastecimento de água e esgoto, portos, entre outros. Engenheiro de Negócios e Mestre em Economia pela Universidade Católica do Chile, e Mestre em Artes (MA) e Doutor em Economia (Ph.D) pela Universidade de Minnesota.

Rubens Rosental

Economista formado na UFRJ, possui Mestrado em Engenharia de Produção na COPPE/UFRJ. É Pesquisador Sênior do GESEL/UFRJ nas áreas de Cenários Macroeconômicos, Governança Corporativa e Integração Energética. Ao longo dos últimos anos, participou de pesquisas contratadas por grupos e instituições como EDP, CSN, AES, Unica, Eletrobras, Furnas, Itaipu Binacional, CPFL, ENEVA, LIGHT, ENERGISA e ABRADÉE.

Tatiana Bermudez-Rodriguez

Doutora em Política Científica e Tecnológica, UNICAMP. Pós-doutoranda do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DCPT), do Instituto de Geociências da UNICAMP. Pesquisadora do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE). Consultora de projetos de Mobilidade Elétrica e Prospecção Tecnológica no Brasil e na Colômbia.

Vinicius Jose Novaes Braz da Costa

Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Pesquisador Júnior do Grupo de Estudos do Setor Elétrico da UFRJ.

Virginia Echinope

Engenheira Elétrica pela Faculdade de Engenharia da Universidade da República do Uruguai e atua como Gerente da Área de Energia Elétrica da Direção Nacional de Energia do Ministério da Indústria, Energia e Mineração do Uruguai desde 2007. Sua experiência profissional abrange as áreas de planejamento energético, desenvolvimento de fontes alternativas para geração de energia elétrica, aspectos regulatórios do mercado de energia elétrica, mobilidade elétrica e desenvolvimento de políticas específicas para o setor. Participou ativamente no desenvolvimento de políticas que conduzem à incorporação de energia eólica e fotovoltaica, no estudo de longo prazo para a expansão do sistema de geração, na determinação de ferramentas para o desenvolvimento de energia renovável na rede de baixa e média tensão, na análise das tarifas do setor elétrico no Uruguai, no desenvolvimento de sistemas isolados de eletrificação rural e na análise da reformulação do marco regulatório do setor elétrico uruguaio. Desde 2003, é professora da Faculdade de Engenharia da Universidade da República do Uruguai, com experiência em pesquisa e ensino nas áreas de eletrônica de potência, qualidade de energia e planejamento energético.

Tendências da mobilidade elétrica na América Latina e ações em curso no Brasil

Flávia L. Consoni, Tatiana Bermudez-Rodriguez, Altair Aparecido de Oliveira Filho, Anna Carolina Navarro, Edgar Barassa, Guilherme Ferreti Rissi

Mobilidade Elétrica na América Latina

Maurício T. Tolmasquim, Alberto José Leandro Santos, David Alves Castelo Branco

A Eletromobilidade nos países do Mercosul e suas perspectivas de integração entre os países com base na infraestrutura de recarga e interoperabilidade

Fernando Campagnoli, Fabrício Pietrobelli, Nicolás Castromán

Eletrificação de frotas comerciais: uma tendência em expansão

Lucca Zamboni, Luiza Masseno Leal, Vinicius José da Costa

Impacto das políticas de mobilidade sustentável na Área Metropolitana do Vale do Aburrá, na Colômbia, mediante dinâmica de sistemas

Carlos A. Álvarez, Isaac Dyer

Avanços da Mobilidade Elétrica na Colômbia

Javier Rosero García

Chile, o outro extremo da Transição Energética e a Eletromobilidade: Contribuições do Sul

Ricardo Raineri Bernain

Mobilidade elétrica no Uruguai

Virginia Echinope

Eletromobilidade: Uma oportunidade para a América Latina e o Caribe

Carlos Jose Echevarria Barbero

Eletromobilidade no Brasil

Rachel Henriques, Angela Costa, Bruno Stukart, Heloisa Esteves



KONRAD
ADENAUER
STIFTUNG



Programa Regional
Segurança Energética e Mudança Climática
na América Latina (EKLA)



GESEL
Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ