

**ENEI**

Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação

FACE-UFMG

Inovação, Sustentabilidade e Pandemia

10 a 14 de maio de 2021

Análise da difusão de carros elétricos sob a ótica da Gestão das Transições

Mauricio Uriona-Maldonado (UFSC);

Tainara Volan (UFSC);

Caroline Rodrigues Vaz (UFSC)

resumo:

Os carros elétricos estão sendo utilizados como aliados na busca pela mitigação das mudanças climáticas, poluição do ar local e segurança energética. Dessa maneira, ganha relevância o entendimento do processo e das estratégias utilizadas para a difusão dessa tecnologia inovadora em diferentes países. Diante do exposto, o objetivo do trabalho é analisar a dinâmica do processo de difusão de carros elétricos em países com maior representatividade no setor e, por meio da ótica de Gestão das Transições, compreender quais ações impactam na difusão. Para isso, utilizou-se o modelo matemático de Bass associado a Dinâmica de Sistemas, a partir de séries históricas de 2005 a 2018.

palavras-chave:

carros elétricos; modelo de Bass; Dinâmica de Sistemas; Gestão das Transições

Código JEL: C60, Q2 e O2

Área Temática: 7.3 Inovação, desenvolvimento e sustentabilidade

1. Introdução

As mudanças climáticas, as crescentes pressões sobre o esgotamento dos recursos naturais e os riscos ambientais estão entre as indicações de que a humanidade precisa se transformar. Diante disso, existe um desafio em encontrar fontes de energia renováveis que manterão carros, residências e empresas funcionando, sem prejudicar o meio ambiente (SARITAS; MEISSNER; SOKOLOV, 2019), ou seja, sustentáveis.

Os carros elétricos (CEs) são uma unidade básica de sistema de transporte sustentável, que tem sido amplamente utilizado para limitar as emissões de gases de efeito estufa e reduzir o uso de petróleo (CHEN et al., 2019). Essa nova forma de mobilidade pode ser considerada uma inovação. De acordo com Rogers (2003), a difusão de uma inovação é o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre os membros de uma dimensão social do sistema.

No entanto, o processo de difusão desses veículos enfrenta grandes desafios pelo mundo, como o alto custo das baterias e a necessidade de criação de uma infraestrutura de recarga, problemas considerados focais para a introdução de CEs (CORDEIRO; LOSEKANN, 2018).

Em diversos países existem políticas de incentivo fiscal e até mesmo subsídios para carros elétricos e híbridos, isto porque diversos pesquisadores são unânimes em dizer que sem o apoio governamental através de políticas de incentivo (pesquisa, produção e comércio), e sem investimento público em infraestrutura específica, dificilmente os CEs conseguirão espaço no mercado (BRAVO; MEIRELLES; GIALONARDO, 2014).

Para entender como algumas inovações podem ganhar força e substituir uma tecnologia existente, uma teoria que pode ser utilizada é a Gestão das transições. Ela procura compreender e explicar como transições de uma certa tecnologia, que realiza uma função social, para outra tecnologia substituta acontece, no sentido social, econômico e ambiental. Para entender como algumas inovações podem ganhar força e substituir uma tecnologia existente, uma teoria que pode ser utilizada é a Gestão das transições. Ela procura compreender e explicar como transições de uma certa tecnologia, que realiza uma função social, para outra tecnologia substituta acontece, no sentido social, econômico e ambiental.

2. Introdução

2.1 Carros elétricos

O CE pode ter diferentes configurações tecnológicas: o CE à bateria (BEV, do inglês *battery electric vehicle*), movido a bateria, a qual se conecta com uma fonte externa de energia para recarga; carro híbrido plug-in (PHEV, do inglês *plug-in hybrid electric vehicle*), onde combinam elementos do híbrido e do elétrico a bateria, a qual pode ser alimentada por uma fonte externa ou por um motor interno usando combustíveis fósseis; e por último, os carros híbridos (HEV, *hybrid electric vehicle*), que apresentam ao mesmo tempo um motor elétrico, cuja energia é suprida por uma bateria e um motor a combustão convencional, não há conexão com a rede elétrica, porém, por possuir uma bateria a eficiência energética do veículo é maior (CHAN, 2017).

Uma das vantagens do CE, e talvez o motivo mais relevante para sua adoção, é o de diminuir a emissão de gases poluentes (no caso do BEV, a emissão é nula), desse modo, confere uma atratividade ímpar, já que atua diretamente na qualidade do ar (IEA, 2019). Tais características possuem relação direta com os problemas de aquecimento global, considerando que a descarbonização do setor de transportes é um dos meios para limitar a temperatura global. Isso se deve por ser o setor responsável por 23% da quantidade total de emissões de dióxido de carbono (CO₂) em todo o mundo, e também ser responsável por mais de 70% do consumo mundial de petróleo (IEA, 2017). Outro motivo para a difusão de CEs, é a dependência energética de muitos países. A diminuição da dependência de combustíveis fósseis, em especial do petróleo, é uma vantagem para um país, visto que se torna menos vulnerável à volatilidade dos preços destes combustíveis (DELGADO et al., 2017).

Possuem também um importante papel na busca pela minimização do impacto nos perfis de carga dos sistemas de energia, gerenciando os padrões de carregamento para coincidir com os períodos de baixa demanda, ademais as baterias podem armazenar energia que pode ser utilizada para outros fins

que não sejam os veículos (IEA, 2019).

Apesar desses benefícios, os CE's possuem alto custo quando comparado a carros à combustão (NILSSON; NYKVIST, 2016; NIEUWENHUIS, 2018). Entretanto, estudos de Hardman Shiu e Steinberger-Wilckens (2015) ressaltam que, quando se analisa o custo total de posse do veículo que inclui a compra, gastos com manutenção, abastecimento, seguro, entre outros, o CE se torna mais barato ou no mesmo nível de custos que um carro à combustão. Mas tal comparação não é claramente vista pelos consumidores, que acabam avaliando somente o custo de aquisição do veículo.

O alto custo dos CE's é advindo principalmente da bateria (WARTH; HEIKO; DARKOW, 2013), que ainda possui alto valor e baixa densidade energética (HUSSAINI; SCHOLZ, 2017), consequentemente, tal combinação resulta em necessidade de mais

bateria (e energia) para aumentar o alcance do veículo. No entanto, para manter o carro competitivo no mercado, baterias com menor densidade energética são utilizadas, o que resulta em baixa capacidade de alcance (GEELS, 2018), que gera ansiedade junto ao consumidor, ou seja, um sentimento de que ficarão sem carga no trânsito.

Desse modo, junto a indústria de CE's, surge a necessidade de infraestrutura de recarga, a preocupação dos proprietários com a existência de estações de carregamento distribuídas pelas cidades pode prejudicar o processo de difusão (CORDEIRO; LOSEEKANN, 2018). As expectativas de difusão são maiores em relação aos carros com maior nível de eletrificação. No entanto, como já dito, possuem custo maior, menor alcance operacional e necessidade de infraestrutura de carregamento. De modo a tornar os CE's economicamente competitivos no mercado eles são apoiados por diferentes medidas políticas (AJANOVIC; HAAS, 2016).

2.2 Gestão das Transições

Transições são definidas como processos de transformação nos quais a sociedade muda de maneira fundamental ao longo de uma geração ou mais (ROTMANS; KEMP; VAN ASSELT, 2001). Uma transição do setor de transportes, em geral, busca uma maior sustentabilidade e ecoeficiência e está no topo da agenda política de muitos governos (AMANATIDOU; SCHIPPL, 2016). Além disso, é um processo de longo prazo em que as inovações de sistemas são governadas envolvendo grandes sistemas sociais, não apenas focando na tecnologia, mas também na estrutura e cultura da organização (TUKKER; BUTTER, 2007).

A Gestão das Transições propõe formas de governar por meio de processos específicos orientados para as transições (KÖHLER et al., 2019). Tal processo é relevante, pois considera o fenômeno social que envolve a participação de atores governamentais e de fora do governo (como grupos sociais) na formulação de políticas públicas que visam à transformação do atual ambiente em que se vive (SMITH; STIRLING; BERKHOUT, 2005).

Além disso, impõe uma visão evolucionista, subdividindo-se em quatro estágios: estruturação de problemas e visão de objetivos, percursos de transição e experiências, aprendizagem e adaptação e por fim, a institucionalização da mudança implementada (KEMP; ROTMANS, 2005; SMITH; VOß; GRIN, 2010). A mudança nos modos de produção e consumo mais sustentáveis requer estudos sobre como promover e gerir o processo de transição para a sustentabilidade (MARKARD; RAVEN; TRUFFER, 2012). Sob o aspecto da governança, há vários aspectos que desafiam os processos de transição sociotécnica, desde a construção de metas viáveis de sustentabilidade, apoio dos vários atores envolvidos (instituições, mercado, sociedade), construção de nichos promissores e processos de aprendizagem contínuo (SMITH; STIRLING, 2008).

Segundo Nilsson e Nykvist (2016) a transição para a sustentabilidade é um desafio social multifacetado, que envolve mudanças tecnológicas, políticas e comportamentais, justamente na intersecção dos sistemas de produção, uso de energia e transporte. Sendo assim, o arranjo de diversos atores é fundamental para o avanço de conhecimento, tecnologia, produção e comercialização de uma inovação no setor de transportes, que contribuirão com as novas demandas da sociedade (CONSONI et al., 2018).

2.3 Teoria da Difusão e Modelo de Bass

Segundo Rogers (1962), existe um comportamento padrão na difusão das inovações em sistemas sociais.

Onde o processo inicia por um período de crescimento lento, seguido de uma expansão mais acelerada, passando posteriormente por outro período de crescimento lento, ou seja, a dinâmica de novos adotantes no período t não cresce ou decresce indefinidamente, pelo contrário, é maximizada em determinado tempo.

O gráfico 1 demonstra a divisão dos adotantes na população, uma inovação só pode ser considerada, caso sua difusão perfaça este comportamento em forma de “sino” para novos adotantes e de “S” para os adotantes. A difusão de uma inovação tem caráter universal, não vinculada pelo tipo da inovação estudada, mas por quem são os potenciais adotantes (ROGERS, 1962).

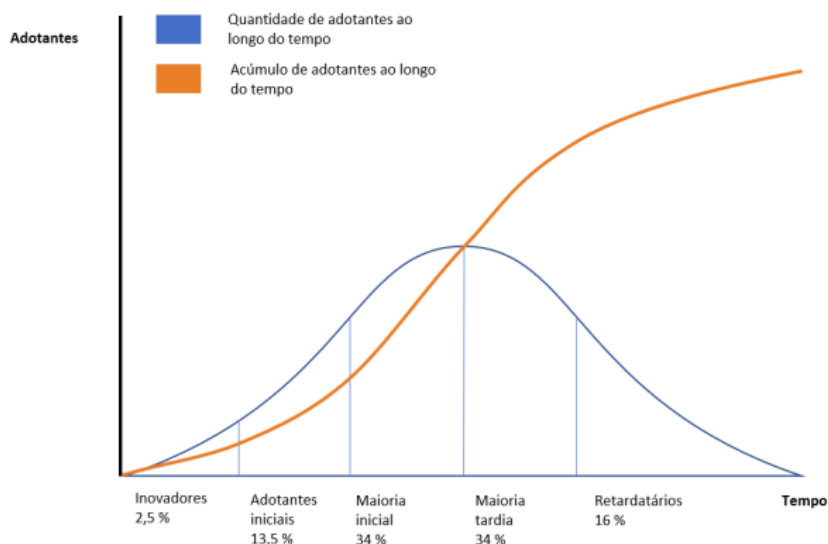


Gráfico 1 - Difusão de uma nova tecnologia. Fonte: Adaptado de Rogers (1962).

Os adotantes são caracterizados em cinco categorias principais: **inovadores**, são os que estão dispostos a correr riscos, possuem contato maior com fontes científicas e com outros inovadores, possuem recursos financeiros; **adotantes iniciais**, possuem alto grau de opinião entre as categorias de adotantes, são mais discretos nas escolhas que os inovadores; **maioria inicial**, adotam a inovação após um período de tempo variável, raramente ocupam posição de liderança de opinião; **maioria tardia**, alto grau de ceticismo, status social abaixo da média, pouca liquidez financeira; **retardatários**, são os últimos a adotar uma inovação, normalmente possuem aversão a mudança (ROGERS, 1962).

Além disso, existem alguns fatores condicionantes que influenciam positivamente ou negativamente no estímulo a adoção de novas tecnologias. O autor Tigre (2006) cita que esses fatores podem ser de natureza técnica (grau de complexidade da tecnologia e seu entendimento pelos usuários), econômica (custo de aquisição, implantação e retorno do investimento) ou de caráter institucional (disponibilidade de financiamentos e incentivos fiscais à inovação, acordos internacionais de comércio e investimento, existência de capital humano e instituições de apoio).

Um dos primeiros modelos matemáticos bem-sucedidos em quantificar o sugerido por Rogers (1962), foi proposto por Bass (1969). Onde considera-se um mercado potencial misturados entre si de forma homogênea que interagem num tempo contínuo. A dinâmica ocorre entre os grupos de forma que um indivíduo não adotante se torna adotante com base em duas taxas: taxa de inovação (p), também chamados de inovadores e taxa de imitação (q), chamados de imitadores. Nesse contexto, Bass (1969) propõe que o processo de adoção é conduzido principalmente pelos imitadores (aqueles que agem devido à influência interna do sistema social, o denominado contato "boca a boca"), enquanto que os inovadores agem somente pela influência externa (as mídias). Equacionando a proposição de Bass (1969), obtém-se a equação:

$$\frac{dN(t)}{dt} = p[m - N(t)] + \frac{q}{m}N(t)[m - N(t)]$$

onde: p é o parâmetro de adotantes inovadores; q é o parâmetro de adotantes imitadores; m é o número final de adotantes totais ou mercado potencial; $N(t)$ e $n(t)$ são os números de adotantes totais e novos adotantes no tempo t .

Para a abordagem quantitativa, fez-se uso de uma série temporal da tecnologia em análise, para assim encontrar a melhor curva de ajuste caracterizada pela equação:

$$N(t) = m \cdot \frac{1 - e^{-(p+q) \cdot t}}{1 - \frac{q}{p} \cdot e^{-(p+q) \cdot t}}$$

Para tanto, deve-se determinar qual o conjunto de parâmetros p , q e m que otimize o ajuste.

3. Metodologia

A abordagem utilizada neste trabalho considera uma análise quantitativa, advinda da Teoria da Difusão em junção ao modelo de Bass. Posteriormente, há uma análise qualitativa, com foco na Gestão das Transições, em busca de identificação do desenvolvimento de ações pelos países em análise, tendo como fontes de informações relatórios técnicos, artigos científicos e base de dados da amostra escolhida.

Para a abordagem quantitativa, fez-se uso de uma série temporal do número de adotantes da tecnologias de veículos elétricos à bateria - BEV e veículos híbrido - PHEV advindos da IEA (2019), posteriormente aplicados nas equações descritas na seção anterior. Tais parâmetros serão determinados com o auxílio da ferramenta Solver do Excel. Em particular selecionou-se os métodos dos mínimos quadrados, que consiste numa técnica matemática que visa encontrar um melhor ajuste para um conjunto de dados minimizando a soma dos quadrados dos resíduos (diferença entre o valor estimado e as observações).

Os países escolhidos para o estudo, encontram-se nas seis primeiras posições quanto ao estoque de carros elétricos (BEV e PHEV) são eles: China, Estados Unidos, Japão, Noruega, Reino Unido e Alemanha.

Os parâmetros p , q e mercado potencial são demonstrados na Tabela 1, para então serem utilizados no modelo de difusão de Bass. O mercado potencial foi baseado no *market share* já alcançado pelos CEs nos países em análise, tendo como base o ano de 2016.

Tabela 1 – Variáveis p e q

País	Mercado Potencial	p	q
China	40.000.000	0,000004	0,65
Estados Unidos	60.500.000	0,000042	0,362
Japão	20.000.000	0,000078	0,2769
Noruega	400.000	0,00005	0,706
Reino Unido	6.000.000	0,00002	0,46
Alemanha	9.000.000	0,000011	0,48

Fonte: os autores.

Como dito anteriormente, para as projeções utilizou-se o Modelo de Bass, construído no software Stella. O desenvolvimento da modelagem é realizado através da abordagem da Dinâmica de Sistemas, ela é usada para representar a interação dos elementos que conduzem sistemas dinâmicos complexos. A abordagem combina dinâmica não linear, modelos de difusão e feedback. Os processos de feedback são modelados com estoques e fluxos ao longo do tempo, simulando processos do mundo real, numa tentativa de entender os impactos de decisões, ações e análise dos impactos de parâmetros (STERMAN, 2000). O gráfico 2 representa a estrutura utilizada para um dos países, o qual foi replicado para os demais.

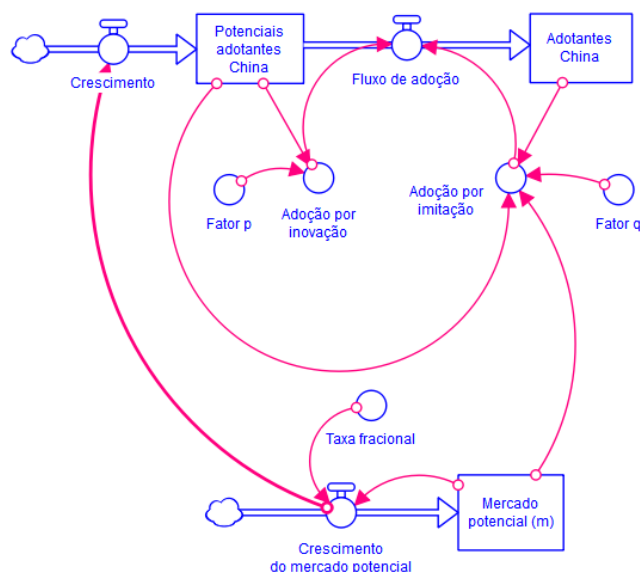


Gráfico 2 – Modelo de Bass. Fonte: os autores.

O modelo apresenta três estoques: potenciais adotantes, adotantes e mercado potencial, os quais variam para cada país em análise. Considera-se um aumento de 1% ao ano no mercado potencial, chamada de taxa fracional. Nas variáveis “Fator p” e “Fator q” estão os dados encontrados anteriormente, presentes na Tabela 1 e que influenciarão na formação da curva de difusão.

4. Resultados e Discussões

A China domina o mercado com aproximadamente 2.306.300 unidades, seguido por Estados Unidos (1.123.370 unidades), Japão (255.100 unidades), Noruega (249.000 unidades), Reino Unido (184.030 unidades) e Alemanha (177.070 unidades). Juntos, esses países correspondem a mais de 83% da frota total de CEs à bateria e plug-in (BEV e PHEV).

No que tange aos carros elétricos, o Japão e a Noruega possuem os maiores parâmetros de inovadores na população. A Noruega também domina o parâmetro de imitadores, seguido pela China. No entanto, a China nem sempre foi a dominante do mercado. Segundo a série histórica da IEA (2019) apresentada na Figura 3, até 2015 os Estados Unidos liderava o estoque acumulado de CEs, seguido pelo Japão. Enquanto o Brasil, atualmente representa um mercado muito pequeno, apenas 0,02% do total mundial, ocupando a 18ª posição, com aproximadamente 1.110 unidades de CEs (IEA, 2019).

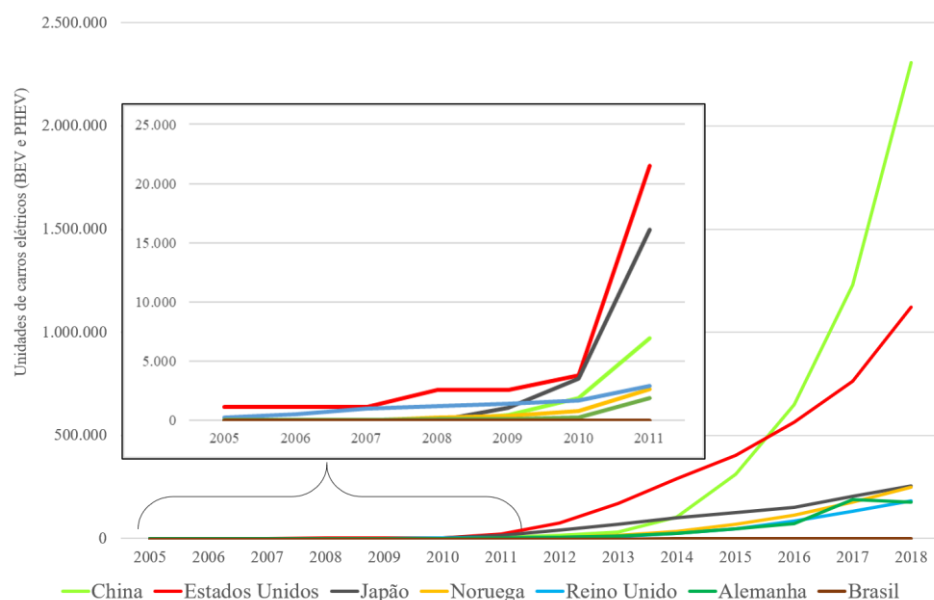


Gráfico 3 – Estoque de carros elétricos (BEV e PHEV) em milhares de unidades. Fonte: adaptado de IEA

(2019).

Muitos governos locais e nacionais em todo o mundo implementaram estratégias diferentes para a promoção de CEs. Além de medidas monetárias, as quais são as mais utilizadas, como isenções (ou reduções) de impostos rodoviários, imposto anual de circulação, sobre o automóvel, de registro e sobre consumo de combustível ou taxas de congestionamento. Existem também diferentes medidas não monetárias, como vagas de estacionamento gratuitas, possibilidade de usuários de CEs utilizarem a faixa de ônibus, ampla disponibilidade de estações de carregamento rápido e permissão para os CEs entrarem no centro de cidades em que há a caracterização de zonas de emissão zero (AJANOVIC; HAAS, 2016).

A curva “S” representa a dinâmica da difusão, conforme observa-se no gráfico 4 o comportamento para os diferentes países analisados.

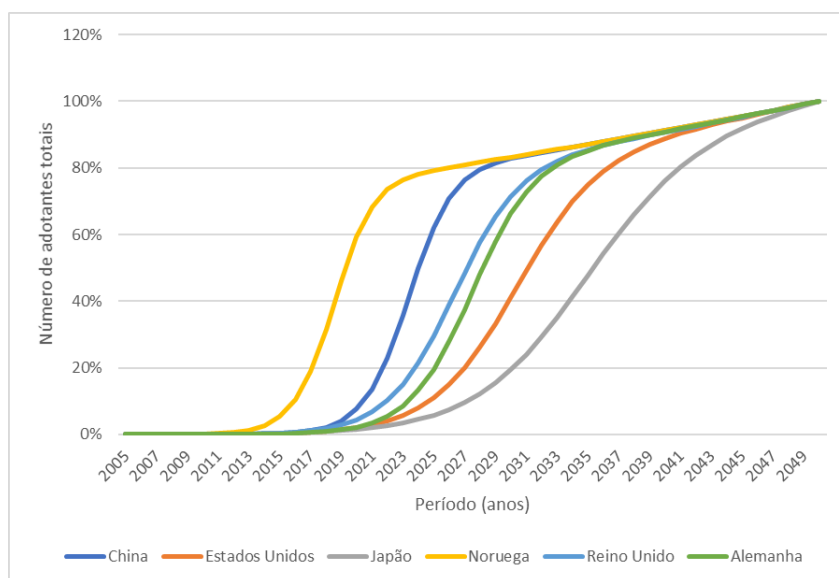


Gráfico 4 Curva “S” dos países analisados. Fonte: os autores.

O primeiro país a ser analisado é a China, a qual iniciou as estruturas políticas sistemáticas de promoção aos CEs de forma consistente a partir dos anos 2000, com iniciativas que contemplam produção, consumo, desenvolvimento tecnológico e infraestrutura (CONSONI et al., 2018). Dessa forma, está na liderança no número absoluto de CEs. Desse estoque de BEV e PHEV, o tipo de veículo que domina o mercado interno é o de BEV, com 77%. No entanto, apesar da grande quantidade de CEs, o market share é de apenas 4,5% (IEA, 2019), demonstrando um caminho longo a percorrer.

Em 2018, o país ultrapassou a marca de 2 milhões de unidades de CEs, se fortalecendo como o país com maior número de unidades. Segundo as projeções realizadas percebe-se que o crescimento segue numa velocidade maior até meados de 2030, cerca de 74% de incremento ao ano, após isso mantém uma constante de crescimento, de aproximadamente 500 mil unidades ao ano, devido a saturação do mercado, e alcança o mercado potencial, definido na modelagem, no ano de 2025.

Além disso, possui um número significativo de montadoras especializadas em CEs, o que colabora para o aumento das vendas locais, como é o caso da Build Your Dreams (BYD) que também possui representatividade internacional (CONSONI et al., 2018).

Segundo Consoni et al. (2018) as principais motivações para a promoção dos CEs na China podem-se resumir nos seguintes aspectos: problemática ambiental, saúde pública, segurança energética e produção/inovação.

O governo chinês, a cada 5 anos, elabora um Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico. Esse plano contempla, desde 1991, ações diretas e indiretas para a promoção de CEs. Desse modo, considera-se como políticas transversais, que estabelecem uma visão compartilhada do futuro das principais atividades econômicas do país (CONSONI et al., 2018). Esse tipo de gestão permite uma ação coordenada em prol da difusão de CEs, pois envolve diferentes ministérios e pelos níveis mais altos da estrutura de planejamento do país.

O desenvolvimento das políticas incluem a restrição de investimentos em novas fábricas de veículos à combustão, além de possuir incentivos diferenciados para veículos com base em suas

características (por exemplo, créditos e subsídios para veículos com zero emissões) (IEA, 2019).

O estudo de Xu e Su (2016) demonstra o esforço do país em implementar a nova tecnologia. Os autores citam quatro fases principais: a primeira fase (1991-1998) o qual se concentrou em projetos de P&D e pequenos projetos de demonstração; a segunda fase (1999-2008), caracterizada por projetos grandes e sistêmicos de P&D combinados com projetos de demonstração local em pequena escala; terceira fase (2009-2012) foi inaugurado o Programa de demonstração e implantação de dez cidades, mil veículos (Ten Cities, Thousand Vehicles (TCTV) Demonstration and Deployment Program), o qual o governo selecionou cidades e subsidiou a compra de veículos com emissão zero operando em domínio público, como ônibus e táxi e, em 2010 passou a subsidiar consumidores privados também; por fim, quarta fase (2013-2015), anos em que o plano de implantação continuou se desenvolvendo.

Em 2015, o governo divulgou a terceira rodada de subsídios (2016-2020) para que os fabricantes tivessem uma expectativa clara da linha final de preços e custos futuros e, assim, pudessem se planejar antecipadamente. Posteriormente, o governo passou à políticas específicas relacionadas a infraestrutura de recarga (XU; SU, 2016).

Um dos exemplos, é a cidade de Shenzhen, que possui 16.000 ônibus elétricos operando. Os operadores das linhas receberam subsídios do governo federal e municipal e cumpriram o mandato, imposto pela cidade, no final de 2017, um ano antes do previsto para realizar a troca da frota existente (GALDINO, 2018). Os investimentos em outros modos de transporte, pode provocar transbordo de conhecimento da tecnologia e afetar diferentes modais, como os CEs.

Quanto ao suporte ao estímulo a inovação, a China induz a consolidação entre os fabricantes de baterias, dando preferência aqueles que oferecem baterias com o maior desempenho (IEA, 2019).

A respeito da infraestrutura de recarga, o país possui 51% do total de estoque de carregadores público e acessíveis no mundo. Em 2010, possuía 123 pontos de recarga rápida acessível ao público (IEA, 2017), em 2018 este número passou dos 100.000. No mesmo período, atingiu 163.667 pontos de recarga lento. Somando em 2018 em torno de 275.000 carregadores públicos (IEA, 2019). O número ideal de carregadores é de 10 carros para cada carregador, na China esse valor é de 8 carros por carregador, o que mostra que a infraestrutura está próxima ao adequado para as necessidades dos usuários.

O governo nacional requisitou as autoridades locais a eliminação de subsídios que apoiam as compras de CEs para se concentrar na infraestrutura de carregamento, enfatizando a importância de alinhar os investimentos em infraestrutura com a captação de CEs (FUSHENG, 2019), indo de acordo com a terceira rodada de subsídios.

É clara a motivação da China em busca pela liderança no segmento da mobilidade elétrica, pois, além da tentativa de mitigação dos problemas ambientais relacionados aos gases poluentes, problemas de saúde e a insegurança energética, pretendem alcançar a liderança na produção, além de possuir grande desenvolvimento científico e tecnológico.

Consoni et al. (2018) salienta que a governança da mobilidade elétrica na China tem sido acompanhada por diversos atores e de diferentes setores, empresas estatais e privadas, como montadoras, empresas de autopeças, de distribuição de energia elétrica, universidades, centros de pesquisa e associações de classe, na qual estão focadas no estímulo à mobilidade elétrica.

Os Estados Unidos se apresenta como um dos países pioneiros na promoção da mobilidade elétrica, com a formulação de instrumentos de políticas ainda na década de 1970 (CONSONI et al., 2018), muito antes da China, por exemplo. O país ocupa a segunda posição no número de CEs (BEV e PHEV), sendo que 57% é de elétricos à bateria. No entanto, o market share ainda continua baixo, com aproximadamente 2,45% (IEA, 2019), mas ainda assim maior que Reino Unido, Alemanha e Japão.

Dos países em estudo foi o que apresentou melhores resultados, com base nas quantidades adotadas a cada ano, quando analisado o estoque de BEV e PHEV desde 2005. No entanto, em 2016 a China aumentou suas vendas, superando o país. A difusão dos CEs nos Estados Unidos ocorre de forma mais lenta quando comparado a China, apresentando crescimento entre o período de 2019 até 2037. Segundo a projeção realizada há um acréscimo no estoque de CEs em cerca de 52% ao ano, começando a se estabilizar em 2037. O mercado potencial é alcançado no ano de 2034, ou seja, 9 anos depois da China.

Quando se trata de infraestrutura, as instalações de postos de recarga, rápido e lento, iniciaram em 2007, tendo em 2018 um total de 54.500. Destes carregadores públicos a grande maioria são lentos, cerca de 50.258, e pouco mais de 4.000 são considerados de recarga rápida (IEA, 2019). No início, os

projetos eram demonstrativos para, de forma experimental, melhorar a tecnologia e torná-la acessível ao público. Então a partir disso, houve alteração de escala para alcance nacional. No entanto, quando comparado com o recomendado (10 carros para cada carregador), o país ainda tem um longo trajeto, são cerca de 21 carros por carregador, tendo a necessidade de dobrar o número existente.

A busca por maior segurança energética, principalmente por menor dependência da importação de combustíveis fósseis, destaca-se entre as principais motivações para promover o mercado de CEs. No entanto, além da segurança energética, outros motivos surgem para a difusão de CEs, como a busca por consolidar uma indústria local, saúde pública e problemática ambiental. Tais iniciativas ampararam os principais instrumentos de política implementados para a promoção dos CEs (CONSONI et al., 2018).

As políticas e legislações do governo federal são projetadas para promover e apoiar CEs. Nas principais cidades dos Estados Unidos em relação à implantação de CEs (San Francisco, Atlanta, Los Angeles, San Diego, Portland, etc) adotaram o programa de veículo emissão zero da Califórnia (California's Zero Emission Vehicle) o qual apresenta incentivos atraentes ao consumidor (AJANOVIC; HAAS, 2016).

A indústria é parte constitutiva das iniciativas implementadas em todas as categorias (produção, desenvolvimento tecnológico, consumo e infraestrutura). As montadoras com capacidade produtiva local e com participação mundial na produção de CEs (Chrysler, Ford Motor Company, General Motors, Nisan e Tesla) possuem papel de fundamental importância, tanto no desenho quanto na implementação das iniciativas (CONSONI et al., 2018).

Da mesma forma que a China, os Estados Unidos possuem ênfase no fortalecimento industrial do país, com os incentivos na busca da melhoria da produção local, seja visando melhorar a capacidade produtiva local, desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias usadas pelas empresas do setor ou então incentivos ao consumo (CONSONI et al., 2018). Vale ressaltar que muitos incentivos são de âmbito estadual, não dependendo de motivações federais, um exemplo claro é a Califórnia, com o programa de emissão zero, mas além dela outras buscam a inovação constante na promoção de tecnologias limpas.

O Japão possui atualmente 255.100 carros elétricos do tipo BEV e PHEV, divididos de forma semelhante, juntos representam um market share de 1,13% (IEA, 2019). A curva da difusão de CEs no Japão apresenta um crescimento mais suave quando comparado aos Estados Unidos e a China, principalmente. O início da saturação do mercado se dá próximo de 2045, e apresenta um crescimento em média de 31% ao ano, até esse ponto e alcança o mercado potencial em 2039. Se tratando de infraestrutura possuem aproximadamente 30.000 carregadores, mais de 22.000 são de carregadores públicos acessíveis lentos e o restante de carga rápida (IEA, 2019), atendendo as necessidades dos usuários. Com exceção da China, é o país que apresenta maior quantidade de carregadores considerado rápido.

Foi no Japão o surgimento de uma associação entre as empresas Toyota, Nissan e Mitsubishi com a Tokyo Electric Power Company (TEPCO), resultando em uma iniciativa chamada CHArge de MOve (CHAdemo). Essa iniciativa fornece uma infraestrutura de recarga padronizada para usuários de CEs. Mais tarde, o sistema criado foi adotado por outras montadoras, incluindo Mazda, Honda e Subaru, além da sul-coreana KIA/Hyundai (MASIERO et al., 2017).

Os primeiros passos da mobilidade elétrica foram dados no início dos anos 1970 (ÅHMAN, 2006). Tais iniciativas derivaram das políticas nacionais de enfrentamento aos problemas ambientais, os quais se avolumaram ao longo das décadas anteriores que junta-se a três grandes condicionantes: i) os problemas e os desafios impostos pela questão da saúde pública, circunstância que impõe uma agenda de combate às emissões de CO₂ no setor de transporte; ii) as preocupações contínuas com os efeitos econômicos e de segurança energética relacionada ao petróleo; e iii) o desenvolvimento técnico e econômico do setor automobilístico, um dos elementos centrais da estratégia de desenvolvimento do país – como uma potência industrial e tecnológica (indústria/inovação) (CONSONI et al., 2018).

A responsabilidade pela elaboração e implementação de políticas para regular as emissões dos veículos e promover novas tecnologias ecológicas em escala nacional foram divididas entre a EA (Environmental Agency), MOT (Ministry of Transport) e o MITI (Ministry of International Trade and Industry) (ÅHMAN, 2006).

Segundo Åhman (2006) o MITI é responsável pela política industrial japonesa e pela legislação estratégica que afeta a indústria, ou sejam políticas energéticas, de P&D e tecnológicas. No setor de transportes, a principal responsabilidade é apoiar o desenvolvimento de novos veículos e novos

combustíveis.

A estratégia automotiva do Japão, por meio de uma abordagem cooperativa entre as partes interessadas industriais, visa a redução em 80% das emissões dos gases do efeito estufa de veículos produzidos por montadoras domésticas e incluindo veículos exportados a serem atingidos até 2050, com uma combinação de veículos híbridos HEVs, BEVs e PHEVs, além de células de combustível (IEA, 2019). Ademais, o país se destaca por possuir cinco empresas que estão entre as líderes de avanços tecnológicos e produção de baterias: AESC, GS Yuasa, Hitachi, Panasonic e Toshiba (MASIERO et al., 2017).

Desde 1970, o governo traz diversos programas de subsídios para a difusão de CEs. Um dos últimos é a reformulação do programa Green Vehicle Purchasing Promotion Measures para Clean Energy Vehicle Promotion Subsidy, de 2014, a qual continua disponibilizando subsídios para CEs (dos seus diversos tipos) e também para veículos a diesel limpo (CONSONI et al., 2018).

As iniciativas do Japão caracterizam-se pelo compartilhamento de responsabilidade, em que os principais projetos de desenvolvimento de tecnologia ocorrem por meio de parcerias público-privadas. Dessa forma, há um processo interativo que promove um ambiente propício à inovação, assim ocorre coevolução e criação de competências.

A Noruega é vista como um dos países mais importantes para CEs, servindo como laboratório de pesquisas, testes de incentivos, novos modelos e formas de condução (RØSTVIK, 2018). Possui um market share de aproximadamente 46,42%, enquanto o restante dos países não alcança 5%. A maioria desses veículos (65%) é BEV (IEA, 2019).

Os autores Figenbaum; Assum e Kolbenstvedt (2015) justificam as baixas vendas de PHEV (35%) por apresentarem alto preço e falta de incentivos. Os proprietários de PHEVs não recebem incentivos atrativos como acontece com os BEV, somente em 2013, eles tiveram acesso a estações de recarga pública e a taxa de registro foi ligeiramente reduzida.

O crescimento médio para cada ano é de cerca de 90% até 2022, muito mais rápido que os demais países, momento em que a difusão começa a se estabilizar e onde alcança o mercado potencial atribuído nesse estudo, tal resultado é evidente devido a atual participação de mercado que os CEs possuem no país. A infraestrutura de carregadores é de aproximadamente 12.300, sendo 90% lento (IEA, 2019). Comparando o número de carros com a infraestrutura pública existente, a proporção é de 20 CEs por carregador, acima do estimado ideal, necessitando a implantação do dobro para alcançar o recomendado.

Na Noruega os incentivos para BEVs foram implementados um de cada vez até o mercado responder com o aumento das vendas, tais incentivos visam tornar o custo de compra comparável aos carros convencionais, removendo barreiras ao uso, dando ao comprador uma vantagem que compensa as desvantagens, reduzindo assim o risco associado à compra e uso de BEVs (FIGENBAUM; ASSUM; KOLBENSTVEDT, 2015).

O cenário é decorrente de orientações políticas que tiveram início em meados dos anos 1990 e que convergiram para a definição de um forte aparato de incentivos monetários, fiscais e não fiscais, para a promoção do consumo de CEs, medidas estas que interferiram diretamente na decisão individual de compra de veículo. Ademais, o país tem intensificado suas ações para a eletrificação de frotas públicas de veículos, que se somam às ações regionais, as quais servem para ampliar a visibilidade dos CEs e informar os consumidores sobre a eletromobilidade (CONSONI et al., 2018).

Ainda segundo Figenbaum; Assum e Kolbenstvedt (2015), cinco fases explicam a difusão alcançada pelos CEs, em conformidade com as políticas implantadas: i) Desenvolvimento do conceito (1970-1990): desenvolvimento de protótipos de veículos elétricos e sistemas de propulsão elétrica; ii) Testes (1990-1999): teste dos veículos em um programa público, onde empresas e organizações foram os primeiros usuários; iii) Criação inicial de mercados (1999-2009): desenvolvimento de um pequeno cluster da indústria norueguesa, além de novos incentivos serem lançados para apoio ao mercado; iv) Introdução ao mercado (2009-2012): lançamento de novos modelos de CEs, melhoria da tecnologia de baterias e ampliação da infraestrutura de carregamento; e v) Expansão do mercado (desde 2013): aumento no número de concessionárias que oferecem CEs.

A política climática é a principal força motriz do compromisso dos políticos noruegueses com os CEs e nos últimos anos houve um interesse renovado na qualidade do ar local. O parlamento almeja que a nação torne-se neutra em carbono até 2050 (FIGENBAUM; ASSUM; KOLBENSTVEDT, 2015). O setor de transporte é altamente tributado, o que inclui taxas de matrícula em veículos novos, taxas anuais, impostos sobre combustíveis e inúmeros pedágios nas estradas. Isso causa uma criação de

incentivos seletos, influenciando diretamente no número de carros vendidos (FIGENBAUM, 2017).

A implementação de tecnologias de baixa emissão ou zero emissão buscada pela Noruega ganha suporte no princípio de poluidor pagador, ou seja, quem mais polui deve ser responsabilizado financeiramente. É improvável que o nível de tributação seja igualado na maioria dos outros mercados. Mas é interessante examinar como ocorreu o processo, já que impostos relativamente modestos sobre as emissões de carbono, já seriam suficientes para ajudar o mercado a impulsionar os CEs na economia global (HAUGNELAND et al., 2017).

Salienta-se que a presença de características específicas influencia no processo de difusão de CEs. Exemplo disso, é o custo dos combustíveis fósseis, que são altamente taxados, dessa forma, a eletricidade é relativamente barata. Além disso, não há no país fábricas de veículos a combustão interna, que então, são importados. As únicas montadoras nacionais produzem CEs (CONSONI et al., 2018). Soma-se a isso a longa cadeia de eventos, que combinou vários programas e intervenções políticas com metas de longo prazo (FIGENBAUM, 2017).

De forma sistemática e contínua, os incentivos ligados ao consumo foram a peça-chave para o resultado de market share maior que outros países. Tais característica aqui relatadas induzem o consumidor a ver como vantagem a aquisição de CEs, isso associado a tecnologias cada vez melhores, o que responde positivamente para a difusão da tecnologia.

O Reino Unido apresenta mais de 180.000 CEs. Em 2005, a quantidade de CEs era de 220 e em 7 anos passou a mais de 5.000 unidades. Diferentemente dos outros países em análise, possui 67% de sua frota elétrica de carros do tipo PHEV. O market share é de aproximadamente 2,10%, maior que Japão e Alemanha (IEA, 2019).

O mercado potencial do Reino Unido apresenta crescimento ao longo do tempo, assim como os demais países, alcançando o valor estabelecido no modelo em 2029, antes que o Japão e apenas quatro anos depois que a China. A difusão de CEs ocorre com um acréscimo de 48% por ano, sendo que se estabiliza em meados de 2033.

A mitigação das mudanças climáticas e a segurança energética são os principais objetivos da política energética do Reino Unido. Além disso, o declínio das reservas de petróleo e gás natural, combinado com o aumento das instabilidades geopolíticas nos principais países de produção de gás e petróleo, destacaram a necessidade de um sistema de energia seguro e resiliente (DAGOUMAS; BARKER, 2010).

Para veículos com baixo nível de emissões de CO₂, diferentes tipos de créditos fiscais e exceções são fornecidos aos consumidores, além de créditos e subsídios aos fabricantes (AJANOVIC; HAAS, 2016). No momento da aquisição de BEVs, os usuários recebem isenção referente a carros que emitam menos que 50g CO₂/km, tal benefício possui um período estabelecido de abril de 2008 a março de 2021 (ACEA, 2019). Além disso, possui incentivos direto aos consumidores, possibilitando bônus no momento da compra de um novo carro, desconto na taxa de circulação e isenção da cobrança de estacionamento no centro de Londres, por exemplo (CASTRO; FERREIRA, 2010).

O norte da Inglaterra oferece um pacote abrangente, incluindo fabricação e desenvolvimento de baterias, P&D, treinamentos e uma cadeia de suprimentos líder, tornando-o o local ideal para o desenvolvimento e manutenção de veículos de baixo carbono (AJANOVIC; HAAS, 2016). Uma das metas a longo prazo, foi o anúncio de que irá proibir a venda de carros novos movidos a gasolina e a diesel a partir do ano de 2040 (ANEEL, 2019).

Já existem mais pontos de recarga públicos no Reino Unido (cerca de 9.300) que bombas de gasolina (8.400). Tal expansão é devido à aceleração das vendas de CEs. Segundo dados da IEA (2019) esse valor é ainda maior, são no total 17.242 carregadores públicos acessíveis. No entanto, cerca de 84% são de recarga lenta, a quantidade existente condiz com o estoque de carros existentes, cerca de um carregador para 11 carros.

A Alemanha apresenta cerca de 178.000 unidades de CEs (PHEV e BEV), destes 54% é de BEV. O market share é de 1,96% valor maior que o do Japão, que possui 1,13% (IEA, 2019). Segundo Consoni et al. (2018), as principais motivações para a difusão da mobilidade elétrica é a mitigação de questões climáticas, aliado a uma evolução no grid de energia mais preparado para fontes renováveis e geração distribuída. E ainda, há a percepção de desenvolvimento de setores industriais.

Há um forte crescimento entre os anos de 2019 a 2026, quando começa a se estabilizar, devido a saturação do mercado. O mercado potencial é alcançado em 2030, período próximo ao Reino Unido e Estados Unidos. Esse crescimento é de 95% em média, por ano. O país se destaca como estudo de caso

de transição para a mobilidade sustentável, dado que figura entre os maiores produtores de veículos no mundo (ao lado da China, Estados Unidos e Coreia do Sul) (NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012).

Dessa forma, possui a ambição de se tornar o mercado líder em fornecimento de CEs. Para isso, as iniciativas para o desenvolvimento da mobilidade elétrica são compostas por uma série de ações estruturadas, em um período mais inicial, e outras mais específicas, a partir de 2012, como projetos para demonstração e projetos de P&D (CONSONI et al., 2018).

Em setembro de 2018, foi lançada a plataforma nacional “Future of Mobility”, com o objetivo de desenvolver uma mobilidade acessível, sustentável e ecológica. Em março de 2019, a plataforma apresentou recomendações para uma mobilidade sustentável do futuro, com base em uma avaliação sistemática dos respectivos potenciais de redução de CO₂ e cálculos dos cenários-alvo. Diante disso, o objetivo estabelecido para 2030 é a redução de emissão de CO₂ para valores entre 95 e 98 milhões de toneladas (IEA-HEV, 2019).

Outro ponto é a pretensão do ministro federal dos Transportes em aumentar a participação de CEs por meio de um programa de apoio a estações de recarga privada (IEA-HEV, 2019), já que, atualmente, segundo informações da IEA (2019), a Alemanha possui mais de 25.000 pontos de recarga e destes, perto de 90% é de recarga lenta. Dentre os países analisados é o que possui uma infraestrutura de recarga mais adequada com os CEs existentes, são cerca de 7 carros para cada carregador. Além disso, há a Lei da Mobilidade Elétrica, que está em vigor desde 2015, o qual concede privilégios aos veículos com tração elétrica no tráfego rodoviário. Isso inclui, por exemplo, a alocação de vagas especiais de estacionamento nas estações de recarga em espaços públicos, redução ou isenção de tarifas de estacionamento e a isenção de certas restrições de acesso (IEA-HEV, 2019).

A indústria automotiva alemã apresentou até final de 2018, 30 modelos de PEV (plug-in electric vehicles) e possuem o objetivo de até 2020, alcançarem o número de 100, com investimentos de cerca de 40 bilhões de euros. Além do mais, a indústria automobilística espera que os BEV tenham uma participação de mercado mundial de cerca de 25% em 2030, e os híbridos atingirão 37% (IEA-HEV, 2019).

Dentre todos os países aqui analisados, se pode observar a difusão destas tecnologias segue o formato “S” ao longo do tempo. No entanto, elas ocorrem em épocas diferentes. A Noruega como já mencionado tem seu crescimento acentuado a partir de 2013, posteriormente, China e Reino Unido iniciam a alavancagem, mas a China com um ritmo mais acelerado. Por último, apresenta-se Alemanha, Estados Unidos e Japão.

A velocidade da difusão de uma inovação está diretamente relacionada à taxa de adoção, isto é, a variação no número de adotantes no período de um ano na série temporal tomada como amostra. Para isso, calculou-se a média de crescimento no período de alavancagem até a inflexão para cada país analisado. Posteriormente, é possível, realizar uma comparação da velocidade de crescimento na adoção de CEs com o PIB per capita (TRADING-ECONOMICS, 2019) de cada país, e assim verificar a relação entre ambos indicadores, com base no market share atual (IEA, 2019). Desta forma, a Tabela 2 apresenta a velocidade de crescimento na adoção dos CEs e o PIB per capita.

Tabela 2 – Velocidade de crescimento

País	Velocidade	PIB per capita	Market share - 2018
Noruega	95%	92.121 U\$D	46,42%
China	92%	7.755 U\$D	4,5%
Alemanha	89%	47.501 U\$D	1,96%
Reino Unido	55%	42.986 U\$D	2,10%
Estados Unidos	53%	54.541 U\$D	2,45%
Japão	34%	48.919 U\$D	1,13%

Fonte: os autores.

Quando a comparação é feita em relação ao market share e o PIB, a Noruega possui em ambos o maior índice, mas esse comportamento não é observado pelos demais países. Os Estados Unidos que possui um PIB de 54.541 U\$D, apresenta um market share abaixo da Noruega e da China. Desse modo, pode ocorrer que em determinados contextos, a renda per capita pode perder sua intensidade explicativa, devendo ser acompanhada de outras variáveis influenciadoras na adoção da tecnologia em questão, o

que pode revelar, neste caso, que as políticas e como os atores interessados se posicionam, possuem o verdadeiro impulso para uma inovação ganhar mercado.

Diante de uma análise empírica e dos resultados obtidos é possível identificar o ponto em que os países alcançam a inflexão e posterior estabilidade na adoção de CEs, ou seja, quando o mercado potencial inicialmente suposto é atingido. Sumariamente na Tabela 3 apresenta-se o ano em que isso ocorre para cada país estudado. Também é possível identificar o quanto a tecnologia ainda pode crescer a partir do universo de adotantes (2018), bem como projeções para os próximos seis anos. Destaca-se que o ano de 2019 é apresentado como projeção, já que os dados históricos vão até 2018.

Tabela 3 – Período de inflexão da curva e projeções de crescimento

País	Instante de inflexão	Projeção					
		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Noruega	2021	24%	59%	83%	97%	105%	110%
China	2025	17%	118%	292%	565%	935%	1343%
Reino Unido	2029	48%	129%	250%	426%	675%	1009%
Alemanha	2030	13%	81%	188%	355%	608%	980%
Estados Unidos	2033	19%	70%	143%	244%	385%	578%
Japão	2039	38%	82%	139%	215%	312%	438%

Fonte: os autores.

Observa-se que essa tecnologia apresenta diferentes períodos de crescimento até atingir o mercado potencial. Para Noruega, China e Reino Unido ocorre antes de 2030, isso se deve, como dito anteriormente, às políticas aplicadas no país, que influenciam diretamente na compra de CEs. Posteriormente, ao analisar a projeção para os próximos seis anos, espera-se que a China seja o país que cresça com maior intensidade, alcançando mais de 1343% em 2024, tal característica é devido a combinação do atual estoque de CEs e do grande mercado potencial ainda possível de crescimento. Junto a China, o Reino Unido também apresenta um crescimento da sua frota de forma acelerada, obtendo no final do período, cerca de 1009% a partir dos valores de 2018. Oposto a China e Reino Unido, a Noruega apresenta o menor potencial de crescimento, isso por que o market share do país é alto, mais de 46%. Desse modo, conquistando em 2024 mais de 100% de CEs a mais do que em 2018.

5. Conclusão

A dinâmica da difusão dos CEs dos países com maior estoque de BEV e PHEV apresentou o comportamento proposto por Rogers (1962): uma curva em forma de “S” ao longo tempo. As diferenças entre o comportamento dos países estão na velocidade em que os CEs estão sendo adotados, ano após ano.

Também se constata nas análises realizadas, o quanto os imitadores (q) possuem influência sobre os inovadores. A Noruega, é um dos exemplos, pois possui um p, inovadores, próximo a 0,005% e um q de mais de 70%, um dos maiores relacionados a tecnologia de CEs. Com base nos dados coletados e análises realizadas neste estudo, ressalta-se a obviedade das diferenças significativas entre os mercados de CEs, derivadas do modo em que os atores interessados se organizam e aplicam suas estratégias, resultando em difusões rápidas ou tardias, para os diferentes países.

A forma como as políticas são agrupadas e desenvolvidas por diferentes atores, molda a forma de adoção da tecnologia pela população. A política nacional é um agente poderoso para reduzir o preço total do veículo e permitir que a diferença da compra de um CE em troca de um movido à combustão diminua, o que motiva os consumidores a adquirir CEs, esse é um caso claro da Noruega, onde os incentivos são fortemente aplicados no consumo dos CEs.

Diferentemente da Noruega, a Alemanha tem seu foco maior na indústria automobilística, que possui uma forte representatividade no cenário de transportes. Desse modo, as principais políticas são de produção e desenvolvimento de tecnologias.

Para complemento do trabalho realizado, faz-se necessário um estudo mais abrangente do impacto de todo o portfólio de ações políticas, ou seja, atores indiretos à difusão de CEs. Uma

investigação para entender a importância das políticas do fabricante de veículos (padrões de emissão, requisitos do veículo), políticas de infraestrutura, equipamentos residenciais e outros, ajudaria a informar um caminho político de longo prazo que não dependesse de grandes incentivos fiscais nos primeiros anos.

Analysis of the diffusion of electric cars from the perspective of Transition Management

Abstract: Electric cars are being used as allies in the quest to mitigate climate change, local air pollution and energy security. In this way, the understanding of the process and strategies used for the diffusion of this innovative technology in different countries becomes relevant. Given the above, the objective of the work is to analyze the dynamics of the electric car diffusion process in countries with greater representation in the sector and, through the Transition Management perspective, to understand which actions impact the diffusion. For that, we used the mathematical model of Bass associated with System Dynamics, from historical series from 2005 to 2018.

Keywords: electric cars; Bass model; system dynamics, Transitions Management

Referências bibliográficas

- ACEA. **Overview - Electric vehicles: tax benefits and incentives in the EU**. 2019. Disponível em: <https://www.acea.be/publications/article/overview-of-incentives-for-buying-electric-vehicles>.
- ÅHMAN, M. Government policy and the development of electric vehicles in Japan. **Energy Policy**, v. 34, n. 4, p. 433-443, 2006.
- AJANOVIC, A.; HAAS, R. Dissemination of electric vehicles in urban areas: Major factors for success. **Energy**, v. 115, p. 1451-1458, 2016.
- AMANATIDOU, E.; SCHIPPL, J. Assessing the desirability and feasibility of scenarios on eco-efficient transport: a heuristic for efficient stakeholder involvement during foresight processes. **Foresight**, 2016.
- ANEEL. **Chamada número 022/2018 - Projeto estratégico: Desenvolvimento de soluções em mobilidade elétrica eficiente**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2019
- BASS, F. M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. **Management Science**, v. 15, p. 215-227, 1969.
- BRAVO, D. M.; MEIRELLES, P. S.; GIALONARDO, W. Análise dos desafios para a difusão dos veículos elétricos e híbridos no Brasil. **SIMEA - Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, 2014. Blucher Engineering Proceedings.
- CASTRO, B. H. R. D.; FERREIRA, T. T. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e BNDES Setorial**. 2010
- CHAN, C. C. The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. **Proceedings of the IEEE**, v. 95, n. 4, p. 704-718, 2007.
- CHEN, B. et al. Pathways for sustainable energy transition. **Journal of Cleaner Production**, 2019.
- CONSONI, F. L. et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. PROMOB-E. 2018
- CORDEIRO, A. C.; LOSEKANN, L. **Os desafios do processo de difusão do carro elétrico no Brasil**. III ENEI - Encontro Nacional de Economia e Inovação. Uberlândia - Minas Gerais 2018.
- DAGOUMAS, A.; BARKER, T. Pathways to a low-carbon economy for the UK with the macro-econometric E3MG model. **Energy Policy**, v. 38, n. 6, p. 3067-3077, 2010.
- DELGADO, F. et al. **Carros Elétricos**. FGV Energia. 2017. (7)
- FIGENBAUM, E. Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. **Environmental Innovation Societal Transitions**, v. 25, p. 14-34, 2017.

- FIGENBAUM, E.; ASSUM, T.; KOLBENSTVEDT, M. Electromobility in Norway: experiences and opportunities. **Research in Transportation Economics**, v. 50, p. 29-38, 2015.
- FUSHENG, L. **China powering up efforts to build car - charging poles**. 2019. Disponível em: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201901/28/WS5c4e916aa3106c65c34e6d70.html> .
- GALDINO, A. K. **Shenzhen anuncia sua nova frota de mais de 16.000 ônibus elétricos**. 2018. Disponível em: <https://engenhariae.com.br/tecnologia/shenzhen-anuncia-sua-nova-frota-de-mais-de-16-000-onibus-eletricos> .
- GEELS, F. W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). **Energy research social science**, v. 46, p. 86-102, 2018.
- HARDMAN, S.; SHIU, E.; STEINBERGER-WILCKENS, R. Changing the fate of Fuel Cell Vehicles: Can lessons be learnt from Tesla Motors? **International journal of hydrogen energy**, v. 40, n. 4, p. 1625-1638, 2015.
- HAUGNELAND, P. et al. Put a price on carbon to fund EV incentives–Norwegian EV policy success. **EVS30 Symposium**. Stuttgart, Germany, EN, 2017.
- HUSSAINI, M.; SCHOLZ, M. Exploring low carbon transition pathways for the UK road transport sector. **Transportation Planning Technology**, v. 40, n. 7, p. 796-811, 2017.
- IEA-HEV. **Hybrid and Electric Vehicles - The Electric Drive Hauls**. International Agency Energy. 2019
- IEA. **Global EV Outlook 2017: two million and counting**. OECD. 2017
- IEA. **Global EV Outlook 2019 - Scaling up the transition to electric mobility**. OECD. 2019
- KEMP, R.; ROTMANS, J. The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems. In: (Ed.). **Towards environmental innovation systems**: Springer, 2005. p.33-55.
- KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. **Environmental Innovation Societal Transitions**, v. 31, p. 1-32, 2019.
- MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. **Research policy**, v. 41, n. 6, p. 955-967, 2012.
- MASIERO, G. et al. The global value chain of electric vehicles: A review of the Japanese, South Korean and Brazilian cases. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 290-296, 2017.
- NIEUWENHUIS, P. Alternative business models and entrepreneurship: The case of electric vehicles. **The International Journal of Entrepreneurship Innovation**, v. 19, n. 1, p. 33-45, 2018.
- NILSSON, M.; HILLMAN, K.; MAGNUSSON, T. How do we govern sustainable innovations? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle technologies. **Environmental Innovation Societal Transitions**, v. 3, p. 50-66, 2012.
- NILSSON, M.; NYKVIST, B. Governing the electric vehicle transition–Near term interventions to support a green energy economy. **Applied Energy**, v. 179, p. 1360-1371, 2016.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York, 1962.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5. Free Press, 2003.
- RØSTVIK, H. N. The mobility revolution as seen through Norwegian eyes. **Architectural Science Review**, v. 61, n. 5, p. 362-366, 2018.
- ROTMANS, J.; KEMP, R.; VAN ASSELT, M. More evolution than revolution: transition management in public policy. **Foresight-The journal of future studies, strategic thinking policy**, v. 3, n. 1, p. 15-31, 2001.
- SARITAS, O.; MEISSNER, D.; SOKOLOV, A. A transition management roadmap for fuel cell electric vehicles (FCEVs). **Journal of the Knowledge Economy**, v. 10, n. 3, p. 1183-1203, 2019.
- SMITH, A.; STIRLING, A. **Social-ecological resilience and socio-technical transitions**: critical issues for sustainability governance. 2008.
- SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research policy**, v. 34, n. 10, p. 1491-1510, 2005.
- SMITH, A.; VOß, J.-P.; GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-

level perspective and its challenges. **Research policy**, v. 39, n. 4, p. 435-448, 2010.

STERMAN, J. D. **Business dynamics**: systems thinking and modeling for a complex world. Shelstad, Indianapolis, IN, 2000.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação**. Rio de Janeiro, 2006.

TRADING-ECONOMICS. **PIB PER CAPITA - LISTA DE PAÍSES**. 2019. Disponível em: <https://pt.tradingeconomics.com/country-list/gdp-per-capita>.

TUKKER, A.; BUTTER, M. Governance of sustainable transitions: about the 4 (0) ways to change the world. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 1, p. 94-103, 2007.

WARTH, J.; HEIKO, A.; DARKOW, I.-L. A dissent-based approach for multi-stakeholder scenario development—the future of electric drive vehicles. **Technological Forecasting Social Change Forecasting**, v. 80, n. 4, p. 566-583, 2013.

XU, L.; SU, J. From government to market and from producer to consumer: Transition of policy mix towards clean mobility in China. **Energy Policy**, v. 96, p. 328-340, 2016.