

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

**O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil:
O papel das políticas públicas**

Marcelo Luiz Risso

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Masiero

São Paulo

2018

Prof. Dr. Vahan Agopyan
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fabio Frezatti
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Moacir de Miranda Oliveira Júnior
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Eduardo Kazuo Kayo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

MARCELO LUIZ RISSO

**O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil:
O papel das políticas públicas**

Dissertação apresentada ao departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Masiero

Versão Corrigida

São Paulo

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada por Martha Ribeiro Neves de Vasconcellos – CRB-8/5994
Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Risso, Marcelo Luiz

O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: o papel das políticas públicas / Marcelo Luiz Risso. – São Paulo, 2018.

154 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade de São Paulo, 2018.

Orientador: Gilmar Masiero

1. Indústria automobilística – Brasil 2. Veículos elétricos 3. Políticas públicas 4. Desenvolvimento industrial I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 338.476292

Aos meus pais, pela educação e dedicação.
Ao meu irmão, pela motivação e amizade.
À minha esposa, pelo amor e compreensão.
E à minha filha, por ser tudo o que realmente importa.

RESUMO

RISSO, M. L. **Desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: O papel das políticas públicas**. 2018. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo

A presente pesquisa tem como objetivo central discutir o papel das políticas públicas no desenvolvimento da emergente indústria de veículos elétricos no Brasil, dado o potencial transformador que os mesmos podem ter no processo de renovação da indústria automotiva nacional e na redução das emissões de CO₂. Nessa direção, o país tem grandes vantagens para o avanço dessa indústria localmente, aproveitando-se da tendência de crescimento do mercado mundial. A expectativa é que até 2030 estejam rodando 160 milhões de unidades pelo mundo, contra os 2 milhões existentes em 2016. Assim, este trabalho apresenta um *framework* com os principais componentes de Políticas Públicas, de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) das Empresas e de Características de Mercado pertinentes ao setor, a partir de adaptações do Sistema Setorial de Inovação e Produção de Malerba (2002) à realidade brasileira, com contribuições do *framework setorial* de Oltra e Saint Jean (2009) e do Ecosistema de Negócios de Lu *et al.* (2014). Durante a investigação, foram realizadas entrevistas com os mais relevantes *stakeholders* da indústria de veículos elétricos e analisados dados secundários que caracterizam as incipientes iniciativas e a inexpressiva contribuição das políticas públicas para o desenvolvimento deste setor industrial. Foram identificados e hierarquizados sete componentes fundamentais de políticas públicas que influenciam diretamente a indústria de veículos elétricos no Brasil. Em termos práticos, esta pesquisa busca subsidiar os *stakeholders* do setor para direcionar de forma mais eficiente seus esforços, visando o incremento deste setor no país.

Palavras-chave: veículos elétricos; indústria automotiva brasileira; sistema setorial de inovação e produção; ecossistema de negócios; políticas públicas; desenvolvimento industrial.

ABSTRACT

RISSO, M.L. **Development of the electric vehicle industry in Brazil: The role of public policies**. 2018. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo

The main objective of this research is to discuss the role of public policies on the development of the emerging electric vehicle industry in Brazil, given the transformative potential they can have in the process of renewing the Brazilian automotive industry and reducing CO₂ emissions. The country has excellent comparative advantages to develop this industry locally and take advantage of the world market growth, since the expectation is that EVs fleet will grow from 2 million in 2016 to 160 million units by to 2030. Thus, this work presents a framework with the main components of Public Policies, Companies' Research, Development and Innovation (RD&I) and Market Characteristics pertinent to the sector, based on adaptations to Brazilian reality of the Sectorial Innovation and Production System of Malerba (2002), with contributions from the sector framework of Oltra and Saint Jean (2009) and Business Ecosystem of Lu *et al.* (2014). During the investigation interviews were conducted with the most relevant stakeholders of the electric vehicle industry and secondary data that characterize the incipient initiatives and inexpressive contribution of public policies to the development of this industrial sector were analyzed. Seven fundamental components of public policies that directly influence the electric vehicle industry in Brazil were identified and ranked. In practical terms, the paper aims to subsidize stakeholders to target more efficiently their efforts towards the development of this industry in Brazil.

Keywords: electric vehicles; Brazilian automotive industry; sectorial system of innovation and production; business ecosystem; public policy; industrial development

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	15
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 – Sistemas Setoriais de Inovação e Produção	19
2.2 – <i>Framework</i> Setorial da Indústria Francesa de VEs.....	21
2.3 – Ecossistema de Negócios (<i>Business Ecosystem</i>)	22
2.4 – Estudos Complementares Relacionados aos Veículos Elétricos.....	24
2.5 – <i>Framework</i> proposto para análise setorial da indústria nacional de VEs.....	24
2.5.1 – As Políticas Públicas	25
2.5.2 – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) das Empresas	44
2.5.3 – O Mercado Consumidor	48
2.5 – Estudos sobre a Dinâmica Brasileira dos VEs	53
3 – CONTEXTO DO ESTUDO.....	59
3.1 – Contexto dos Veículos Elétricos (VEs) e a Indústria Automotiva Mundial	59
3.1.2 – O Perfil da Indústria Automotiva no Século XXI	64
3.1.3 – O mercado mundial de veículos elétricos.....	68
3.2 – Principais <i>stakeholders</i> da indústria brasileira de veículos elétricos	75
3.2.1 – Os impostos que impactam os veículos elétricos	76
3.2.2 – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).....	79
3.2.3 – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).....	80
3.2.4 – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)	82
3.2.5 – Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE).....	85
3.2.6 – As Montadoras que comercializam VEs no Brasil.....	86
3.3 – As principais iniciativas de veículos elétricos no Brasil.....	88
3.3.1 – O Programa de Veículos Elétricos da Itaipu Binacional	88
3.3.2 – O Projeto Emotive da CPFL Energia	89
4 – METODOLOGIA DE PESQUISA	97
4.1 – Procedimentos Metodológicos.....	97
4.2 – <i>Framework</i> base deste estudo.....	100
4.3 – Seleção dos Entrevistados.....	102
5 – RESULTADOS.....	105
6 – ANÁLISE.....	121
7 – CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
APÊNDICES.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Framework de três dimensões interrelacionadas.....	25
Figura 2 – Framework dos componentes de políticas públicas	28
Figura 3 – Framework dos componentes de PD&I das Empresas	44
Figura 4 – Framework dos componentes de Mercado Consumidor.....	49
Figura 5 – Mapa Teórico do Sistema Brasileiro de Inovação	55
Figura 6 – Comparativo das tecnologias atuais de baterias para VEs	61
Figura 7 – Produção anual de veículos no Brasil	68
Figura 8 – Afunilamento da estrutura bibliográfica deste estudo.....	101
Figura 9 – Framework completo para análise da indústria de VEs.....	102
Figura 10 – Perspectiva de evolução do mercado brasileiro de VEs.....	106
Figura 11 – Resultado da validação do framework conceitual de políticas públicas	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Revisão bibliográfica dos componentes das políticas públicas.....	43
Tabela 2 – Revisão bibliográfica dos componentes das PD&I das Empresas.....	48
Tabela 3 – Revisão bibliográfica dos componentes do Mercado Consumidor.....	53
Tabela 4 – Reservas e recursos mundiais de lítio (2015).....	62
Tabela 5 – Produção mundial de veículos entre 2015-17.....	65
Tabela 6 – Produção mundial de veículos leves (passeio + comerciais) em 2015-17.....	66
Tabela 7 – Produção mundial de veículos pesados (ônibus + caminhões) em 2015-17...	66
Tabela 8 – Número total de veículos elétricos (PEV + PHEV), por país.....	69
Tabela 9 – Vendas de veículos elétricos (PEV + PHEV), por país.....	69
Tabela 10 – <i>Market Share</i> de vendas de veículos elétricos, por país.....	70
Tabela 11 – Quantidade de pontos públicos de recargas, por país.....	71
Tabela 12 – Compromissos nacionais de quantidade de veículos elétricos.....	72
Tabela 13 – Percentuais mínimos de ROL em investimentos através do programa da ANEEL..	80
Tabela 14 – Dados apurados pelo projeto Emotive até 2015.....	93
Tabela 15 – Resumo dos procedimentos metodológicos.....	100
Tabela 16 – Relação de respondentes e instituições acessados neste estudo.....	104
Tabela 17 – Resumo dos resultados apurados durante as entrevistas.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ACEA	Associação dos Fabricantes Europeus de Automóveis
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
BMS	<i>Battery Management System</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAMEX	Câmara de Comércio Exterior
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPID	Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão
CGV	Cadeia Global de Valor
CFC	Clorofluorcarbono
CITES	Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP21	21ª Conferência do Clima – Paris
CPqD	Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DPI	Direitos de Propriedade Intelectual
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FCEV	<i>Fuel Cell Electric Vehicle</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
FUNTEC	Fundo Tecnológico do BNDES
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Fundo Global para o Meio Ambiente
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
ICTs	Instituições Científicas e Tecnológicas

IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEDC	<i>International Economic Development Council</i>
II	Imposto de Importação
INAE	Instituto Nacional de Altos Estudos
IPI	Imposto de Produtos Industrializados
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
ODPs	Organizações de Desenvolvimento de Padrões
OICA	Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores
ONU	Organização das Nações Unidas
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PEV	<i>Plug-in Electric Vehicle</i>
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PIPE	Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas
PITE	Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PPPs	Parcerias Público-Privada
PREDIT	Programa Nacional de Pesquisa e Inovação em Transportes
PRÓALCOOL	Programa Brasileiro do Álcool
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
QCA	<i>Qualitative Comparative Analysis</i>
REFIT	Tarifas de Energia Renovável
ROL	Receitas Operacionais Líquidas
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa
SEMEAD	Seminários em Administração – FEA-USP
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SIN	Sistema Interligado Nacional de Energia
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SSI	Sistema Setorial de Inovação e Produção

TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TOC	<i>Total Cost of Owership</i>
UNCCD	Conferência das Nações Unidas sobre a Desertificação
VE	Veículo Elétrico

1 – INTRODUÇÃO

Os veículos elétricos (VEs) já são uma realidade em diversos países e projeções indicam um crescimento acelerado na sua comercialização nos próximos anos. Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2017), em 2016, foram comercializados no mundo 750 mil veículos 100% elétricos (entre veículos de passeio, utilitários, caminhões e ônibus), alcançando uma frota de 2 milhões de unidades, e, para 2020, espera-se que estejam rodando aproximadamente 20 milhões de veículos elétricos no planeta e cerca de 160 milhões de unidades em 2030. Da frota atual de VEs, 68% estão concentrados nos três maiores mercados: China, EUA e Japão. Noruega e Holanda merecem destaque em termos de participação dos VEs nas vendas totais de veículos, com respectivamente 28,8% e 6,4% de *market share*. Já no Brasil, mesmo sendo, em 2017, o 9º maior produtor de veículos do mundo, com 2,7 milhões de veículos (OICA, 2017), existem somente cerca de 5 mil unidades de VEs, ou menos de 0,01% da frota (DENATRAN, 2017).

Assim, essa tendência global deve alterar a dinâmica de uma indústria que apresenta grande relevância econômica. Segundo dados da Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores (OICA), em 2017, a produção de 97 milhões de veículos no mundo representou aproximadamente 2 trilhões de Euros em vendas e gerou 400 bilhões de Euros em impostos. Ainda segundo a OICA (2017), a indústria automotiva também empregou diretamente mais de 9 milhões de pessoas na produção de veículos e seus componentes.

Porém essa indústria também é considerada uma das grandes vilãs quando o assunto é a emissão de poluente. Isto porque com uma frota mundial de 1,3 bilhões de veículos, o setor é responsável por 23% das emissões de CO₂ geradas no planeta (IEA, 2015). E em virtude do aumento das emissões de CO₂ no último século, acrescido das mudanças climáticas derivadas dessas emissões, foi assinado o Acordo de Paris (COP21) em dezembro de 2015, com o objetivo de limitar o aumento da temperatura do planeta a 2°C acima dos níveis pré-industriais (ONU, 2015). Nesse acordo, o Brasil assumiu o compromisso de que, até 2025, reduzirá em 37% suas emissões de gases de efeito estufa (GEE), em relação a valores de 2005 (ONU, 2015).

Com a crescente pressão para a redução de poluentes dos motores à combustão e o constante crescimento nas vendas de VEs, faz-se necessário estudar e aprofundar conhecimentos sobre esses assuntos. O Brasil é referência em energias renováveis, seja pelo

desenvolvimento do Etanol como combustível alternativo aos tradicionais derivados de petróleo, seja pelo fato de possuir uma matriz de geração de energia elétrica limpa, com 61% advindas de hidrelétricas e 8% de energia eólica (ANEEL, 2018). Isto coloca o Brasil, pelo menos em teoria, em vantagem frente aos desafios que serão enfrentados pelas principais economias mundiais em decorrência dos compromissos assumidos no Acordo de Paris. Além das vantagens comparativas do país em termos de produção de energia limpa, outro ponto positivo para o mercado brasileiro é proximidade das maiores reservas de lítio do mundo – esse mineral é muito importante para as baterias de íon-lítio, as mais utilizadas nos VEs atualmente. Dados da *U.S. Geological Survey* (2016) apontam que quase 2/3 das reservas de lítio concentram-se na América do Sul. E o Brasil possui grandes empresas no setor de mineração com *expertise* para realizar a exploração desse tipo de mineral.

Na história da indústria automotiva brasileira, pode-se destacar como a influência das políticas públicas foram estimuladoras da inovação e desenvolvimento de tecnologias alternativas, como por exemplo, a experiência ocorrida com o Programa Brasileiro do Álcool (PRÓALCOOL) iniciado em 1975. O Programa contribuiu para a redução da dependência energética externa do país, além de desenvolver o setor sucroalcooleiro nacional, fazendo com que a produção de etanol no Brasil aumentasse mais de 2.000% em uma década, de 600 milhões de litros em 1975-76 para 12,3 bilhões de litros 1986-87 (Furtado; Scandiffio e Cortez, 2011). Hoje, ainda presenciamos o impacto do desenvolvimento tecnológico derivado desse Programa, com a popularização dos motores flex-fuel presentes em 90% dos novos veículos comercializados no país (ANFAVEA, 2017).

Some-se à quase inexistência e ao reduzido escopo da literatura brasileira sobre os VEs, a indústria em si ainda encontra-se em estágio embrionário, restringindo-se a poucas e isoladas experiências sem uma ampla coordenação entre elas. Atualmente, os projetos de pesquisa mais relevantes em andamento no Brasil estão concentrados no setor energético, em parte graças a uma diretriz da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que obriga as empresas do setor a investirem 1% de suas Receitas Operacionais Líquidas (ROL) em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e eficiência energética (ANEEL, 2012). Também temos poucos exemplos de empresas que comercializam VEs importados, focadas em frotas corporativas ou em transporte público no país.

Diversas experiências internacionais evidenciam que as políticas públicas exercem um papel preponderante e de liderança no desenvolvimento da indústria de VEs, destacando-

se as iniciativas implementadas nos EUA (Zhang *et al.*, 2014), na China (Masiero *et al.*, 2016), na União Europeia (Leurent e Windisch, 2011) e Japão (Zhou *et al.*, 2015). Sendo assim, este trabalho tem como foco os componentes de políticas públicas face à sua capacidade mobilizadora para o desenvolvimento de indústrias emergentes, seu alinhamento com o atual estágio dessa indústria no Brasil e em razão da pouca literatura local relacionada à visão sistêmica sobre esse tema. Assim, esta dissertação tem como objetivo geral responder a seguinte questão de pesquisa: **Quais são as políticas públicas determinantes para o desenvolvimento da emergente indústria de veículos elétricos no Brasil?**

Além deste objetivo principal, através das entrevistas realizadas com os principais *stakeholders* do setor no Brasil (que será posteriormente detalhada na Metodologia), também podemos destacar quatro objetivos específicos:

1. Quais são as expectativas de crescimento do mercado brasileiro de VEs para os próximos anos?;
2. Quais vantagens comparativas o Brasil possui que o favorece no caso de um efetivo desenvolvimento da indústria nacional de VEs?;
3. Quais fatores atualmente dificultam o desenvolvimento da indústria nacional de VEs e seus principais desafios?;
4. Qual é a hierarquia percebida dos componentes de políticas públicas que devem ser prioritariamente aplicadas para acelerar o desenvolvimento dos VEs no Brasil?

Para a identificação das políticas públicas mais relevantes que influenciam o desenvolvimento da indústria de VEs no Brasil, este trabalho parte da dinâmica dos Sistemas Setoriais de Inovação e Produção de Malerba (2002), adicionando informações do *framework* setorial de Oltra e Saint Jean (2009) e da visão de Ecossistema de Negócios da Indústria de VEs de Lu *et al.* (2014), para a elaboração de um *framework* de análise de sistemas setoriais para indústrias emergentes no Brasil. Com base nesses modelos, são identificados 14 componentes fundamentais que estão relacionados ao desenvolvimento de uma indústria inovadora, agrupados em três dimensões, sendo elas: as políticas públicas, a PD&I das empresas e o mercado consumidor. Destes componentes, serão dadas destaque aos sete componentes relacionados a dimensão de políticas públicas.

Esta dissertação é apresentada em sete capítulos: após a Introdução, temos a fundamentação teórica (capítulo 2), detalhando-se os estudos que servem como base deste trabalho e a complementação de pesquisas relevantes realizadas no Brasil e no exterior sobre o tema. A partir delas, é elaborado um *framework* para análise de indústrias inovadoras com foco em políticas públicas. Posteriormente, são apresentados o contexto brasileiro dos veículos elétricos (capítulo 3) e os principais *stakeholders* desse setor. A seguir, a metodologia da pesquisa (capítulo 4). Na sequência são apresentados os resultados da pesquisa de campo (capítulo 5), a análise desses resultados (capítulo 6) e as conclusões do estudo (capítulo 7).

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentadas as bases teóricas sobre os quais este estudo se fundamenta: O Sistema Setorial de Inovação e Produção de Malerba (2002), o *framework* setorial de Oltra e Saint Jean (2009), utilizado para analisar a indústria francesa de VEs e o Ecossistema de Negócios de Lu *et al.* (2014), o qual foi aplicado para interpretar o surgimento da indústria de VEs da China. Neste espaço, também apresentam-se outras pesquisas relevantes realizadas no Brasil e no exterior que tratam do assunto. Posteriormente, também são pontuados outros estudos pertinentes à dinâmica de políticas públicas e VEs, tanto do Brasil quando do exterior.

2.1 – Sistemas Setoriais de Inovação e Produção

Os primeiros estudos que buscavam sistematizar as interações organizacionais com foco em inovação são creditados a Lundvall (1992) e Nelson (1993), que iniciaram os debates a respeito dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI). Em uma visão simplificada, pode-se resumir um SNI como sendo o conjunto de relacionamentos, tecnologias e informações que afetam os agentes do mercado (instituições, governos, empresas e pessoas). O SNI tem como objetivo principal estimular o processo de inovação e difundir os avanços tecnológicos, considerando os limites geográficos nos quais esses agentes estão operando. Segundo Nelson (1993), nesse sistema destacam-se cinco dimensões: (1) a educação e aprendizagem; (2) a ciência e a capacidade tecnológica; (3) os governos e empresas responsáveis pela pesquisa e desenvolvimento; (4) a estrutura do setor e (5) as interações de todos os agentes.

A partir dessas dimensões, Malerba (2002) adaptou essa visão de SNI a uma dinâmica setorial – o que ficou conhecido como Sistema Setorial de Inovação e Produção (SSI), sendo atualmente uma visão difundida entre pesquisadores do desenvolvimento setorial pela inovação. Sua primeira constatação é que as fronteiras setoriais não são estáticas, definidas simplesmente pelos produtos e/ou tecnologias básicas em comum, mas elas são dinâmicas e delimitadas pelas bases do conhecimento, pelo relacionamento entre as atividades exercidas pelas empresas e pelas características da demanda. Outra contribuição importante é a possibilidade de se analisar essa dinâmica setorial a partir da identificação dos principais agentes envolvidos, dos fatores que compõem esse setor e do processo de aprendizado,

inovação e produção. Com isso, Malerba (2002) propôs que um SSI é composto por cinco pilares básicos (os chamados *building blocks*):

- a) **a base de conhecimento e os processos de aprendizagem:** trata-se da parte central no processo de inovação e produção, sendo que em uma visão sistêmica a característica determinante é como esse conhecimento adquirido pode ser aplicado e difundido pelo setor. Nesse ponto, Malerba (2002) destaca que as dimensões fundamentais do conhecimento e aprendizagem setorial são a acessibilidade, a oportunidade, a cumulatividade e o regime tecnológico. Também se deve considerar que o conhecimento não é difundido e absorvido automaticamente pelas empresas – o que gera a necessidade dessas buscarem os meios ao seu dispor para desenvolvê-lo, seja através de áreas internas de PD&I, seja através de fontes externas, como por exemplo, as universidades, os fornecedores, as entidades governamentais, os parceiros estratégicos ou os concorrentes.
- b) **as tecnologias básicas e a demanda:** em um determinado setor existem diversas tecnologias relevantes que entregam uma variedade de produtos e serviços a diversos tipos de demandas. Essa relação define o *modus operandi* desse setor e, conseqüentemente, estabelece restrições sobre a diversidade de comportamento das firmas e sobre a organização das atividades empresariais de um sistema setorial.
- c) **os tipos e as estruturas das interações entre os agentes do setor:** um sistema setorial é uma teia de relacionamentos entre uma variedade de agentes que possuem diferentes competências, comportamentos e crenças. Cabe prioritariamente às firmas o processo de inovação, produção e comercialização dos produtos advindos de novas tecnologias. A demanda também não é composta somente por compradores, mas por uma variedade de agentes ao longo da cadeia de valor, com atributos, competências e conhecimentos específicos. E quanto maior a heterogeneidade dos membros dessa cadeia, maior poderá ser a influência deles no conhecimento, no processo de aprendizagem, nas interações entre as empresas e na dinâmica do setor. Sendo assim, ganham importância nesse sistema os fornecedores, as universidades, as instituições financeiras e os órgãos governamentais e, também, o grau de relacionamento entre todos eles.

- d) **as instituições (tais como as normas, os regulamentos, os mercados de trabalho, etc.):** são elas que regem as interações entre os agentes, seja através das normas formais e informais definidas pelo sistema (tais como, as leis de patentes ou regulamentos setoriais específicos), seja pelas normas criadas pela interação entre eles (como, os contratos). Além disso, vale pontuar que algumas instituições são nacionais (como, o sistema de patentes), ao passo que outras são específicas de sistemas setoriais próprios (como, as regulamentações específicas nos mercados de trabalho setoriais ou as instituições financeiras de cada setor), o que amplia a variabilidade das instituições nesse sistema setorial.
- e) **os processos de geração e seleção de variedade:** referem-se aos produtos, tecnologias, empresas e instituições que estão relacionados a PD&I e que ocasionam o surgimento de novas instituições setoriais, a organização de novos departamentos especializados dentro das universidades ou a emergência de novos campos científicos, tecnológicos e educacionais, aumentando assim, a variedade e a possibilidade do surgimento de novas tecnologias e novos conhecimentos.

2.2 – *Framework* Setorial da Indústria Francesa de VEs

Por meio dos conhecimentos de Malerba (2002), Oltra e Saint Jean (2009) desenvolveram um *framework* setorial e o aplicaram na avaliação das inovações da indústria automotiva francesa a partir da inserção dos VEs naquele país, levando em consideração o registro de patentes para as tecnologias aplicadas aos veículos. Esse estudo sistematizou a identificação dos principais componentes que contribuíram para o desenvolvimento dessa indústria no país, destacando os agentes envolvidos e suas responsabilidades. Foram definidas 16 determinantes para a inovação dos VEs na indústria francesa, organizados em três dimensões:

- a) **As políticas de inovação e ambientais:** associadas às ações governamentais que de alguma forma influenciam diretamente a dinâmica de inovação com foco ambiental no país e que contribuíram para o desenvolvimento da indústria de VEs local. Seus seis componentes são: (1) os regulamentos, normas e padrões; (2) os

instrumentos econômicos, tais como, subsídios à PD&I e incentivos tributários; (3) os acordos voluntários, como por exemplo, o Acordo de Paris da COP21; (4) os programas de cooperação de pesquisa, como o PREDIT Programme (Programa Nacional de Pesquisa e Inovação em Transportes), instituído em 1990, naquele país; (5) as compras públicas e, (6) as políticas de difusão do conhecimento.

- b) **O regime tecnológico:** estão relacionadas à dinâmica tecnológica do país e o conjunto de relações entre as instituições envolvidas que moldam sua dinâmica. Seus cinco componentes são: (1) a estrutura do mercado; (2) as bases do conhecimento; (3) as oportunidades tecnológicas; (4) as condições adequadas para a aplicação dessas tecnologias e, (5) a rede de relacionamentos da empresa, tanto na sua estrutura vertical como nas interações público-privado.
- c) **As demandas de mercado:** características relacionadas ao mercado consumidor (tanto PF quanto PJ). Seus cinco componentes são: (1) o tamanho do mercado e sua segmentação; (2) as preferências e requerimentos dos consumidores; (3) a elasticidade preço/demanda; (4) os requisitos de clientes industriais e, (5) a dinâmica dos nichos de mercado.

2.3 – Ecossistema de Negócios (*Business Ecosystem*)

Em alguns países, o desenvolvimento da indústria de VEs já se apresenta em relativa expansão, porém, em outros seu desenvolvimento é mais recente. No intuito de analisar o desenvolvimento dessa indústria no Brasil, podemos traçar comparativos com a indústria de VEs na China, que além de ser relativamente recente é hoje a que apresenta o maior crescimento em todo o mundo. Lu *et al.* (2014) avaliaram o desenvolvimento da indústria chinesa de VEs como sendo um ecossistema de negócios e, de acordo com esses autores, tal desenvolvimento pode ser compreendido com base em sete aspectos principais:

- a) **Os componentes chaves:** partindo-se das melhorias nas baterias elétricas e nos sistemas de controle elétricos através de PD&I, desenvolveu-se o que ficou conhecidos como *Three Transverses*, composto por um sistema de propulsão multi-energia, um motor de acionamento elétrico e uma bateria elétrica;

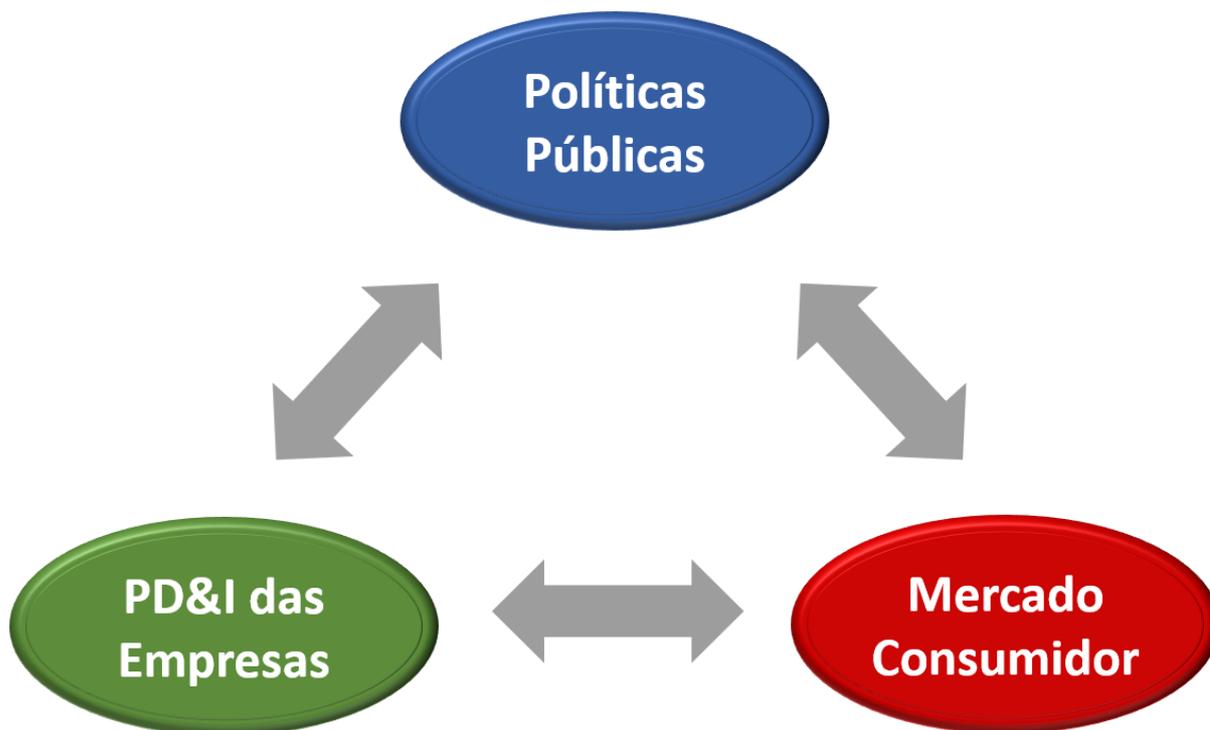
- b) **Os fabricantes de equipamentos:** através da modificação dos modelos de veículos existentes ou do re-projeto de veículos conceituais e/ou em produção, com base na nova plataforma de tecnologia de veículo elétrico;
- c) **As demonstrações públicas:** inicialmente, foram utilizadas em pequena escala pelo setor com a finalidade de ampliar o conhecimento da população sobre a tecnologia e, posteriormente, foi ampliada em larga escala, principalmente na área de transportes públicos.
- d) **Mercado:** partindo-se de uma produção e comercialização em pequena escala, passando por grandes contratos públicos decorrentes de transporte público e áreas afins até a chegada ao mercado de varejo.
- e) **Infraestrutura de carregamento:** assim como, os postos de combustíveis são essenciais para os veículos à combustão, a infraestrutura de recarga é indispensável para os VEs. Distribuidoras de energia ampliaram seus serviços para atender as necessidades de transporte e de demonstrações públicas, bem como para satisfazer as exigências dos consumidores privados.
- f) **Plataformas públicas:** estrutura governamental para o fomento da indústria através do chamado *Three Platforms*, que é composto por: uma "plataforma de normas, ensaios e dados" com foco regulatório, a "plataforma de fornecimento de energia infraestrutura" para suprir a crescente demanda por energia e a "plataforma de desenvolvimento de aplicações e demonstração de integração", com foco em PD&I e demonstrações públicas (através, principalmente de compras do setor público para a difusão do produto).
- g) **Alianças da indústria:** o estímulo às parcerias no setor por meio do uso das tecnologias dos VEs em aplicações práticas. Tal ação foi incluída no 10º plano quinquenal do governo chinês (2001-2005), após a atualização do antigo *Industry Alliance of Electric Vehicle* para o *Three Longitudes and Three Transverses*, no qual os *Three Longitudes* dizem respeito aos tipos de VEs (os VEs puros, os veículos híbridos e os veículos a célula de hidrogênio) e as *Three Transverses*, como sendo os três componentes relacionados (o sistema de propulsão multi-energia, o motor elétrico e a bateria).

2.4 – Estudos Complementares Relacionados aos Veículos Elétricos

Além dos três estudos basilares para o entendimento da dinâmica setorial, outras pesquisas também contribuíram para a identificação de forma mais sistêmica, de novos agentes e componentes da indústria de VEs. O trabalho de Kley, Lerch e Dallinger (2011), analisando de forma holística a dinâmica do setor, adiciona a importância do modelo de negócios adotados pelas empresas envolvidas e a influência de seus *stakeholders*, considerando as montadoras de veículos, as empresas de baterias, as empresas de infraestrutura e as empresas de prestação de serviço associadas. O estudo de San Román *et al.* (2011) expõe a relevância do fornecimento de infraestrutura para os diferentes tipos de tecnologias de VEs disponíveis e a necessidade de regulamentação desses serviços. Destaca-se ainda o trabalho de Bohnsack, Pinkse e Kolk (2014) sobre a relevância da sustentabilidade e como os VEs podem contribuir para o combate às mudanças climáticas.

2.5 – *Framework* proposto para análise setorial da indústria nacional de VEs

Consolidando as informações dos achados bibliográficos anteriormente apresentados, podemos identificar uma série de componentes relevantes para a indústria de veículos elétricos, agrupando-os em três grandes dimensões que se interrelacionam: (a) as políticas públicas, como sendo todo tipo de atividade que envolve diretamente ações governamentais na definição de políticas e normas do setor; (b) a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) das Empresas, que englobam as atividades relacionadas às dinâmicas empresariais, conhecimento tecnológico e infraestrutura e, (3) o mercado consumidor, as questões relacionadas a tamanho, segmentação e nichos (tanto PF e PJ), o perfil das demandas destes consumidores e características relacionadas aos modelos de negócios das empresas para atender a essas demandas. Na sequência é apresentado um *framework* e o detalhamento de cada um dos componentes dessas três dimensões que se interrelacionam. Na **Figura 1**, é demonstrada a concepção visual desse *framework*.

Figura 1 – Framework de três dimensões interrelacionadas

Fonte: O autor

Dado o caráter interrelacional entre essas 3 dimensões, fatores associados ao PD&I das empresas e do mercado consumidor consequentemente influenciam a elaboração de políticas públicas. Sendo assim, por mais que este trabalho esteja focado no papel das políticas públicas, na sequência, além do aprofundamento teórico a respeito dessa dimensão, também serão analisados estudos complementares para os componentes de PD&I das empresas e mercado consumidor visando identificar com maior clareza estes pontos de relacionamento.

2.5.1 – As Políticas Públicas

As políticas públicas exercem, atualmente, o papel mais importante para o desenvolvimento da indústria de VEs, dado especialmente estágio embrionário dessa indústria. A experiência de outros países aponta para isso. O trabalho de Zhang *et al.* (2014) apresenta os diferentes incentivos governamentais aplicados nos EUA, na última década, e credita a esses como o principal fator de desenvolvimento do mercado daquele país. Para estimular os consumidores a escolher VEs, tanto o governo federal quanto os governos

estaduais adotaram subsídios diretos, créditos fiscais e isenções fiscais, como as principais formas de incentivo financeiro. Já para PD&I, o investimento foi feito diretamente em fabricantes qualificados para realizar pesquisas sobre as tecnologias dos VEs.

O estudo de Leurent e Windisch (2011) trás uma revisão das ações comuns adotadas pela União Europeia para estimular os VEs naquela região. Em 2008, a Comissão Europeia lançou a *European Green Cars Initiative*, disponibilizando 5 bilhões de Euros (Sendo 4 bilhões concedidos através do Banco Europeu de Investimento) para PD&I em tecnologias e infraestrutura, buscando avanços significativos na utilização de energias não poluentes, que também contemplavam projetos relacionados aos VEs (EGCI, 2008). Já, em 2009, o *Electrification of Road Transport* forneceu as diretrizes para as principais empresas e organizações, definindo que até 2012 aproximadamente 200 mil VEs deveriam estar rodando pela União Europeia e 1 milhão de VEs até 2016. A partir de 2018, a produção em massa dos novos veículos seria iniciada e, após isso, 5 milhões de veículos deveriam ser comercializados sem nenhum tipo de incentivo.

No Japão, o trabalho de Zhou *et al.* (2015) detalha a grande carga de incentivos, particularmente financeiros, disponibilizados para o consumo de VEs no mercado local. Em 2009, o governo japonês lançou sua Nova Estratégia Nacional de Energia (*New National Energy Strategy*), que estabeleceu duas metas para o setor de transporte até 2030: (1) melhorar a eficiência de combustível de novos veículos em 30% e, (2) reduzir a dependência de petróleo de 50% para 20%. No mesmo ano, foram adicionados cerca de 370 bilhões de ienes (cerca de US\$ 3,7 bilhões) em subsídios e créditos fiscais para VEs e outros veículos com baixo consumo de combustível e baixas emissões, com subsídios para compra de 50.000 a 100.000 ienes (US\$ 500 a 1.000), a depender do tipo de veículo. Além disso, os compradores de VEs são elegíveis a isenção total do imposto sobre a compra de veículos, bem como uma redução de 50% na taxa de licenciamento de automóveis. E algumas províncias fornecem incentivos locais, como estacionamento dedicado e desconto em pedágio.

Também temos estudos que partindo da dinâmica do consumidor sugerem políticas públicas para potencializar sua difusão. O trabalho de Langbroek, Franklin e Susilo (2016), aplicando um experimento a diferentes grupos de motoristas de veículos, identificou que a probabilidade de adoção de VEs pelos usuários aumenta à medida que os incentivos públicos são oferecidos, principalmente relacionados à diminuição do custo de aquisição e uso dos VEs. O trabalho de Joller e Varblane (2016) analisou um projeto piloto de eletro-mobilidade

na Estônia e constatou que para uma rápida implementação dos VEs, as políticas públicas devem ter uma abordagem sistêmica de toda sua cadeia de valor e dos *stakeholders* envolvidos, envolvendo a fase de inovação, as fases de pilotos locais até chegar ao mercado consumidor e das exportações desses modelos.

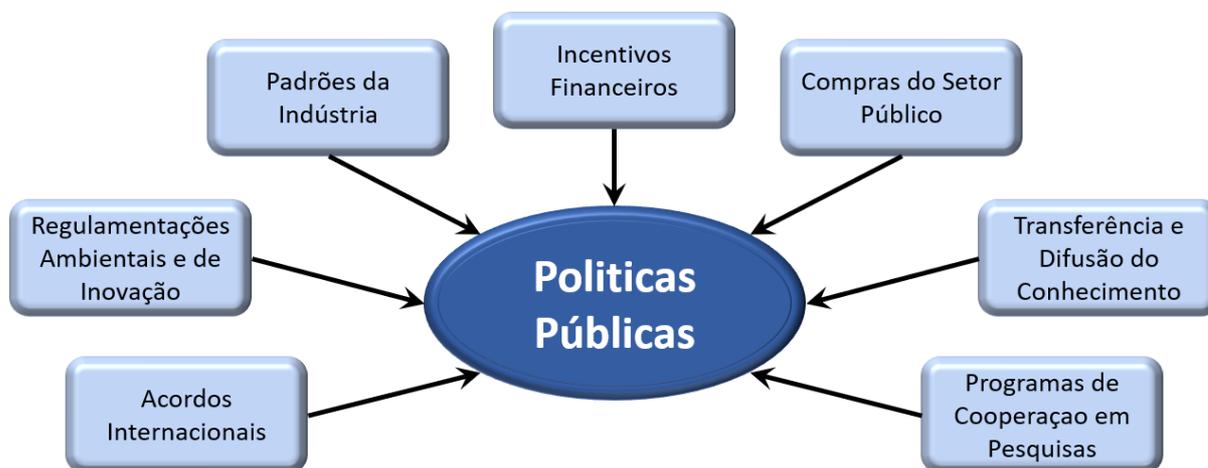
Na história da indústria automotiva brasileira, destacamos a influência das políticas públicas como estimuladora da inovação e do desenvolvimento de tecnologias alternativas na indústria automotiva, tomando como exemplo a experiência ocorrida com o Programa Brasileiro do Álcool (Proálcool) na década de 1970. Seu objetivo inicial era contribuir com o reequilíbrio da balança comercial após o primeiro choque do petróleo em 1973, além de desenvolver o setor sucroalcooleiro nacional. O Programa se aproveitou do baixo custo de produção do etanol, da alta capacidade instalada da indústria canavieira e das condições favoráveis de mercado, tais como, ofertar o combustível através da estrutura de distribuição já instalada no país e uma rede comercial para a venda e manutenção de veículos com motores a etanol.

Como resultado, a produção de etanol no Brasil aumentou de 600 milhões de litros em 1975-76 para 3,4 bilhões no período de 1979-80, atingindo seu ápice em 1986-87 com 12,3 bilhões de litros (Furtado, Scandiffio e Cortez, 2011). Essa iniciativa ainda favoreceu a popularização dos motores flex-fuel, no início do século XXI, presentes hoje em aproximadamente 90% dos novos veículos vendidos (ANFAVEA, 2017). Sendo assim, da mesma forma que o Proálcool forneceu as bases para o desenvolvimento dos motores flex-fuel, políticas públicas direcionadas para o desenvolvimento da indústria e do mercado consumidor de VEs no Brasil podem finalmente colocar o país no mapa das grandes montadoras e acompanhar essa tendência mundial.

Considerando os estudos basilares deste trabalho e a revisão bibliográfica das pesquisas sobre políticas públicas e VEs, podemos definir que a dimensão de políticas públicas é composta por sete componentes identificados como sendo os mais relevantes associados a questões das ações governamentais que pode influenciar a dinâmica de desenvolvimento da indústria de VEs e/ou sua cadeia de valor. Os sete componentes foram: (1) os acordos internacionais; (2) as regulamentações ambientais e de inovação; (3) os padrões da indústria; (4) os incentivos financeiros; (5) as compras do setor público; (6) as dinâmicas de transferência e difusão do conhecimento e, (7) os programas de cooperação em

pesquisa. Na **Figura 2**, é apresentada a concepção visual desses componentes e sua dimensão correspondente.

Figura 2 – Framework dos componentes de políticas públicas



Fonte: O autor

Visando um maior aprofundamento a respeito desses componentes, na sequência, são apresentados diversos trabalhos que corroboram ou complementam as dimensões citadas acima.

Os Acordos Internacionais

Atualmente, o acordo internacional que tem maior potencial para influenciar a elaboração de políticas públicas que favoreçam a implementação e o desenvolvimento dos VEs, a nível global, é o Acordo de Paris da COP21. Nele, as nações do planeta definiram metas globais para a redução das emissões de CO₂ e os países apresentaram, voluntariamente, seus compromissos nacionais para tal objetivo global. Essas ações permitem a elaboração de leis e normas pertinentes a cada país para garantirem o cumprimento desses compromissos. Nessa linha, a compilação de trabalhos de Young (1999) a respeito da efetividade dos regimes ambientais internacionais corrobora com esta ideia. Ao analisar as profundas interconexões e as influências que os sistemas sociais e ambientais exercem sobre os formuladores de políticas públicas, o autor trouxe à tona a importância dos acordos supranacionais para a redução das emissões de poluentes em nível global, regional ou bilateral.

Existem diversos exemplos de regimes ambientais que culminaram na implementação de políticas públicas nacionais, entre os exemplos mais bem-sucedidos, tem-se: o Protocolo de Montreal, tratado internacional que entrou em vigor em 1989, com o objetivo de fazer os países se comprometerem a substituírem o uso dos gases Clorofluorcarbono (CFC) e de outras substâncias que contribuíssem com a destruição da camada de ozônio; o Sistema do Tratado da Antártica, conjunto de acordos internacionais iniciados em 1959, no qual se destaca o Protocolo de Proteção Ambiental do Tratado da Antártica (também conhecido como Protocolo de Madri), que entrou em vigor em 1998 e assegura a proteção do meio ambiente na Antártica e, ainda o acordo multilateral estabelecido para limpar o Rio Reno, iniciado em 1950 com a criação da Comissão Internacional de Proteção do Reno (IKSR), avançando em 1976 com a assinatura de um primeiro acordo de proteção contra poluição química e em 1987 com a elaboração do Programa de Ação para o Reno, estabelecendo um conceito integral de ecossistema fluvial.

Da mesma forma, a falta de eficácia ou falha relativa de outros regimes criados para lidar com problemas ambientais em larga escala são igualmente evidentes. O exemplo mais proeminente é a Conferência das Nações Unidas sobre a Desertificação (UNCCD, segundo a sigla em inglês), tratado internacional multilateral, de 1977, com objetivo central de combater à desertificação. Porém, esse tratado falhou completamente em atingir seu objetivo – tanto que o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) admitiu, em 1991, que o problema das secas e da degradação do solo em zonas áridas, semiáridas e subúmidas tinha piorado.

Também temos alguns regimes que não são claramente classificados como casos de sucesso ou fracasso dada à dificuldade de mensuração objetiva de seus resultados. São eles: a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES) de 1973, que rege o comércio de espécies ameaçadas e que originou o decreto legislativo brasileiro N° 54 de 1975 e, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) de 1973, principal convenção internacional que abrange a prevenção da poluição do meio marinho por navios em ocorrência operacional ou acidental.

As Regulamentações Ambientais e de Inovação

As regulamentações ambientais também costumam estimular a geração e a adoção de inovações de novos mercados para produtos, processos e serviços ambientalmente adequados, gerando em várias situações grandes oportunidades de exportação para o país pioneiro. Beise e Rennings (2005), em um estudo sobre o desenvolvimento da indústria de energia eólica na Dinamarca, identificaram que a inovação adotada nesse país foi derivada do modelo regulatório implementado na década de 1980 e atualizado após o ano 2000, estimulando o desenvolvimento tecnológico de pequenas usinas de geração de energia eólica – essas se tornariam um padrão adotado em outros países. Essa ação, por sua vez, favoreceu a indústria dinamarquesa, sendo ela, atualmente, a maior exportadora de componentes para geração de energia eólica do mundo.

Originalmente, a energia eólica era considerada muito cara para competir com os combustíveis fósseis, porém seu grande impulsionador foi a crise do petróleo das décadas de 1970 e 1980. Naquele momento, vários países instalaram usinas de energia eólica de 1 MW, utilizando como modelo-base a turbina eólica GROWIAN da Alemanha. Porém, esse modelo não prosperou em termos tecnológicos, devido principalmente à incompatibilidade de critérios entre grandes usinas eólicas com os sistemas centralizados de usinas fósseis e nucleares, o que não incentivava as concessionárias a alterar o sistema para aceitar um modelo alternativo descentralizado de energias renováveis. Já a trajetória tecnológica de energia eólica na Dinamarca foi caracterizada por uma maior variedade e flexibilidade, com um modelo de usina menor e com constantes avanços industriais e econômico na melhoria contínua de conversores menores. Por exemplo, os geradores de turbinas eólicas de 55 kW, desenvolvidos entre 1980 e 1981, apresentaram uma redução de custos de aproximadamente 50% no período.

Uma comparação entre os mercados de importação e exportação de ambos os países revela que a Alemanha exporta apenas uma pequena parte de suas turbinas eólicas para outros países. Já a indústria eólica da Dinamarca é voltada para o mercado mundial. Por sua vez, a indústria eólica alemã depende mais da demanda interna (Dinamarca: 81% das exportações, 19% das importações; Alemanha: 10% das exportações, 90% das importações).

Também devemos analisar as estratégias nacionais de implementação de energia eólica na Europa nas últimas décadas, nas quais se distinguem três tipos de sistemas:

- a) **Tarifas de energia renovável (REFIT).** Foram implementadas nas décadas de 1980 e 1990, na Alemanha, Áustria, Dinamarca, Espanha e Itália. Nesse sistema, o Estado define preços fixos para a eletricidade de fontes renováveis, e isso tem de ser pago pelas empresas do sistema nacional de energia aos geradores de energia eólicas. A principal vantagem desse sistema é o baixo risco para os investidores, o que estimulou investimentos consideráveis em parques eólicos nos países que adotaram o sistemas REFIT. Por outro lado, os preços fixos eliminam a pressão competitiva sobre os geradores de energia para reduzir seus custos, fazendo com que a energia eólica não apresente significativos ganhos de escala ou de aprendizagem ao longo do tempo e, portanto, permanece mais cara do que seria em um ambiente de mercado mais competitivo;
- b) **Sistema de licitação.** Implementado no Reino Unido e na Irlanda, em 1995. Nesse modelo, a concorrência entre os geradores de eletricidade é criada através de licitações de concessões, realizadas pela agência governamental responsável por gerenciar o sistema nacional de energia. As concessionárias de energia têm a obrigação de comprar uma quantidade fixa de energia renovável de diferentes fontes, sendo essa quantidade definida pela autoridade e os fornecedores com o menor preço recebem os contratos para produzi-la. Os custos adicionais das concessionárias de energia são compensadas por um imposto nacional sobre energia, pago por todos os consumidores, o que neste caso estimula uma alta pressão competitiva e, conseqüentemente, reduz os custos de produção. Como comparativo, em 1997, os preços médios da energia eólica na Alemanha (Sistema REFIT) eram duas vezes mais altos que no Reino Unido (Sistema de licitação). Os sistemas de licitação, no entanto, representam um alto risco para os investidores, visto que os processos de licitações são caros, demorados e burocráticos. Outro problema apresentado por esse sistema é a possível quebra de continuidade causada por mudanças frequentes nas condições de licitação. Como resultado, uma indústria eólica substancial não foi estabelecida em nenhum dos países que executaram sistemas de licitação;
- c) **Sistema de certificados negociáveis para energias renováveis.** Introduzido na Holanda, esse modelo combina os ganhos de eficiência dos sistemas de licitação com as vantagens dos sistemas REFIT de metas fixas para o desenvolvimento de energias

renováveis. O Estado define cotas para energias renováveis e emite certificados para empresas que produzem o tipo de energia verde necessária. Esses certificados podem ser negociados no mercado e as concessionárias de energia são obrigadas a deter certa porcentagem de energia renovável em seu portfólio. Isto dá maior flexibilidade de gestão a elas por permitir que escolham entre comprar certo número de certificados no mercado ou decidir produzir a própria eletricidade renovável. Em 2000, a Dinamarca mudou do sistema REFIT para um sistema de certificados negociáveis de energias renováveis.

Segundo Beise e Rennings (2005), como resultado uma indústria eólica significativa tendeu a se desenvolver rapidamente em países com um sistema REFIT, como Dinamarca, Alemanha, Itália, Áustria e Espanha, principalmente pela redução dos riscos aos investimentos nesse tipo de estratégia. Em países com sistemas de licitação, o uso de energia eólica se desenvolveu muito lentamente.

Os Padrões da Indústria

Brown, Pyke e Steenhof (2010) apontam que a velocidade de adoção dos VEs depende da definição dos padrões industriais a serem definidos e adotados pelos fabricantes, técnicos e demais profissionais relacionados. E que padrões internacionais também serão críticos para garantir a compatibilidade entre as jurisdições, um ponto chave que sustenta o comércio globalmente interconectado de automóveis e peças automotivas, bem como a compatibilidade da infraestrutura relacionada aos VEs. Os padrões também são importantes no mecanismo de compartilhamento de conhecimento, aumentando a eficiência econômica da inovação, pois os produtores podem compartilhar as melhores práticas e aprender com essas lições. Por isso, é importante que essa padronização seja realizada a partir de uma perspectiva baseada no desempenho, e assim, o avanço tecnológico posterior será compatível com todos os componentes dos VEs.

A maioria dos padrões é desenvolvida usando uma abordagem baseada em consenso, na qual as partes interessadas e especialistas da indústria, do governo, da academia e do mercado consumidor chegam a um acordo sobre níveis de desempenho e procedimentos aceitáveis. Sua definição não está diretamente sob o controle do governo dos países, mas sim é facilitada por Organizações de Desenvolvimento de Padrões (ODPs). Atualmente, algumas

das ODPs internacionais mais relevantes são a *International Organization for Standardization* (ISO) e a *International Electrotechnical Commission* (IEC). Para o caso dos VEs, particularmente, a padronização afeta diversos componentes envolvidos com o produto. Brown, Pyke e Steenhof (2010) destacam o impacto das padronizações para os diferentes componentes:

- a) **Padronização nos sistemas elétricos:** o impacto dos VEs na demanda por energia elétrica pode reconfigurar a dinâmica de funcionamento do sistema com a inclusão de novas fontes de geração de energia (provavelmente, considerarão o impacto das emissões de CO₂, em sua geração, para que a utilização de VEs realmente traga redução nas emissões de todo o sistema), com a implementação de geração distribuída (na qual o consumidor pode ser um fornecedor de energia para o sistema) e dos *smart grids* (quando os consumidores devolvem o excedente de energia para o sistema em um determinado momento de necessidade, como os horários de pico). Porém, para que sejam implementados há a necessidade de padronização dessa dinâmica de funcionamento e a regulamentação para que os usuários comuns possam gerar energia e/ou devolver seus excedentes de energia para o Sistema Interligado de Energia (SIN). Considere-se também a questão dos horários e locais de recarga, com diferentes potências, que também devem influenciar a dinâmica do sistema;
- b) **Padronização em baterias:** como ainda não existe uma tecnologia dominante no mercado de baterias e, ainda, existem potenciais utilizações secundárias para elas, há a necessidade de padronização para que se estabeleça diretrizes de funcionamento do mercado. O primeiro ponto relacionado à falta de um padrão dominante para as baterias é o processo de descarte, pois cada um dos modelos atualmente comercializados, por possuírem elementos diferentes em sua composição, demandam diferentes processos para a reciclagem desses elementos. Leve-se em conta também a produção dos elementos básicos das baterias que, em sua maioria, possuem minerais em sua composição, o que influencia o planejamento de empresas mineradoras para a prospecção, mineração e beneficiamento desses elementos e, conseqüentemente, seu preço final no mercado internacional. Por fim, como existem testes a respeito de modelos de negócio no qual as baterias dos VEs são substituídas em determinados pontos, ao invés de serem recarregadas (visando ampliar a autonomia final do

veículo), deve-se considerar que diferentes modelos de negócio demandam uma completa infraestrutura de funcionamento para os VEs.

- c) **Padronização dos sistemas de recarga:** nesse caso, existem diversos tipos de *plugs* de recarga dos VEs utilizados em diferentes países, que utilizam vários tipos de equipamentos de recarga (entre eles, equipamentos de recarga lenta, rápida e semi-rápida), que ainda operam com múltiplas potências e com diferentes tipos de correntes. Tudo isso amplia a necessidade de padronização. Além disso, também existe a questão da interoperabilidade dos sistemas em diversas jurisdições, sejam eles países (situação relevante por exemplo para a União Europeia), sejam locais (como, no caso de diferentes concessionárias dentro de um país ou Estado), não somente no que tange às questões técnicas de tipo de corrente e potência, mas também sobre questões da dinâmica de cobrança pelo serviço de recarga.

Também podemos analisar a questão da padronização ambiental como um fator de competitividade industrial. Porter e Van Der Linde (1995) sugerem que os padrões ambientais da indústria, devidamente projetados, podem desencadear as chamadas "compensações de inovação". Esses padrões reduzem o custo líquido de se cumprir as regulamentações ambientais e levam a vantagens absolutas das empresas sobre concorrentes em países estrangeiros que não estão sujeitos às regulamentações semelhantes.

Para que os padrões ambientais estimulem essas "compensações de inovação", eles devem aderir a três princípios: 1) eles devem somente maximizar as oportunidades de inovação, deixando a abordagem da inovação propriamente dita para a indústria e não à agência responsável pela definição de padrões; 2) os regulamentos devem promover a melhoria contínua, ao invés de bloquear qualquer tecnologia em particular e, 3) o processo de regulamentação deve deixar o mínimo possível de incertezas em cada estágio.

Ainda segundo Porter e Van Der Linde (1995), ao estabelecer normas ambientais e processos regulatórios para incentivar a inovação, é necessária a participação da indústria na definição de padrões desde o início. Um processo regulatório apropriado é aquele em que os regulamentos são claros e a indústria busca inovar para resolvê-los, ao invés de passar os anos posteriores à sua definição tentando atrasá-los ou relaxá-los. No entanto, os padrões não devem estar muito à frente ou muito diferentes do que se aplicam aos concorrentes estrangeiros, pois isso levaria a indústria a inovar na direção errada.

Os padrões ambientais também podem levar às inovações que reduzem os custos de descarte (ou aumentam o valor da sucata ou revenda) para o usuário. Por exemplo, a regulamentação que requer reciclabilidade dos produtos pode levar as empresas a desenvolverem projetos que permitam que materiais valiosos sejam recuperados com mais facilidade, após o descarte do produto. Um bom exemplo desse tipo de ação em território brasileiro é a Lei Federal nº 12.305 de 2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, que obriga as empresas a darem destinação adequada aos resíduos eletroeletrônicos. Essa lei desenvolveu a logística reversa de celulares no Brasil, que mesmo com o claro objetivo de evitar o descarte de metais tóxicos (tais como, o mercúrio, o cádmio e o chumbo) no meio-ambiente, estimulou uma lucrativa indústria que busca recuperar metais de maior valor (tais como, ouro e prata), que também estão presentes nos celulares e que, consequentemente, acabaram por se tornar o foco desse processo.

Os Incentivos Financeiros

Incentivos financeiros (tais como, impostos, investimentos diretos, autorizações e licenças operacionais) estimulam a adoção de novas tecnologias e reduzem os riscos financeiros das empresas que investem em PD&I. Conforme o trabalho clássico de Hahn e Stavins (1992), os objetivos econômicos das políticas públicas visam a eficiência (a maximização dos benefícios líquidos) ou o custo-efetividade (a escolha do método menos dispendioso para alcançar uma determinada meta). Porém, quando se avaliam as políticas ambientais, outros fatores também devem ser considerados, tais como: a eficácia geral do sistema, a facilidade de implementação, a capacidade de monitoramento e fiscalização, a viabilidade política e a clareza para o público em geral.

Para comprovar a relevância dos incentivos financeiros na aceitação dos VEs, o trabalho de Sierzchula *et al.* (2014) identificou que para incentivar a adoção de VEs, os países usaram incentivos financeiros específicos ao consumo, como por exemplo, a redução de impostos para consumidores finais ou da taxa de registros desses veículos, além das chamadas “políticas tecnologicamente neutras”, tal como o aumento de impostos sobre as emissões veiculares. Nesse estudo, os pesquisadores identificaram que alguns países apresentaram alta correlação entre a penetração dos VEs nos mercados domésticos e os incentivos financeiros

aplicados, dentre eles, citam os EUA, o Japão, a China, a Noruega, a França, o Reino Unido e a Holanda.

Masiero *et al.* (2016) analisaram, especificamente, o desenvolvimento da companhia chinesa BYD – uma das maiores montadoras de VEs do mundo – e concluíram que, acrescida de uma estratégia bem definida de longo prazo, a empresa também foi favorecida pelos incentivos financeiros oferecidos pelo governo central chinês e pelos incentivos das províncias. A BYD começou como uma fabricante de baterias na década de 1990 e atualmente, além de montadora de VEs, a empresa produz os componentes mais caros associados a esses veículos (as baterias e equipamentos de recarga). E ainda está investindo no desenvolvimento de tecnologia solar para garantir que toda a cadeia de valor do VEs seja ecologicamente sustentável. Os subsídios do governo central contribuíram para a produção inicial dos diferentes tipos de VEs, variando entre US\$ 5 mil (veículos compactos) a US\$ 80 mil (ônibus). Também foram fornecidos incentivos tributários pelos governos locais para a comercialização dos VEs, com diferentes valores entre as províncias, por exemplo, com incentivos entre US\$ 1,6 mil (província de Wuhu) a US\$ 9,6 mil (província de Guangzhou) para veículos de passeio. Para veículos pesados, os incentivos giravam em torno de US\$ 80 mil em praticamente todas as províncias. Isto também possibilitou que a empresa, aproveitando-se das vantagens pioneiras nesse segmento automotivo emergente, realiza-se rapidamente o processo de internacionalização de suas operações. Em 2016, a empresa já possuía unidades de fabricação nos EUA, no Brasil, na Rússia, no Egito, na Síria e no Sudão.

Tuttle e Baldick (2012), analisando a evolução da integração da infraestrutura de recarga, sugerem que viabilidade dos VEs depende de incentivos financeiros governamentais para a maior integração dos sistemas de comunicação e controle dos pontos de recarga, minimizando os riscos das empresas do setor elétrico em realizar seus investimentos num mercado que ainda não tem um padrão industrial dominante e, portanto, requer maior variabilidade de opções disponíveis. Já Mallette e Venkataramanan (2010) realizaram uma análise sobre incentivos financeiros baseados no momento em que o veículo é recarregado (conceito de *Time-Of-Use*), com diferentes preços para a energia em diversos momentos do dia. Esses autores constataram que esse tipo de incentivo evita que a recarga dos veículos influencie significativamente a demanda por energia nos horários de pico e que esse incentivo também reduz em média, entre 5% e 25%, o tempo necessário para que um proprietário de VE tenha vantagem financeira, comparado ao veículo à combustão, dependendo do tamanho

do incentivo financeiro, do tipo de VEs e do preço do combustível utilizado no veículo à combustão. Na mesma linha Lévy, Drossinos e Thiel (2017) analisaram os incentivos financeiros aos VEs disponíveis em países europeus pela visão do custo total para o proprietário (*Total cost of ownership - TCO*). Esses incentivos consideram o preço inicial, o custo de manutenção e de recarga dos veículos. Os autores concluíram que os incentivos podem ter um papel crucial no avanço de mercado dos VEs e que carros pequenos, médios e grandes exibem diferentes relações referentes ao TCO e às vendas. Assim, torna-se importante levar em consideração esse fator, quando forem definidas as políticas fiscais, isso porque variados esquemas de incentivo favorecem diversos segmentos de veículos e, conseqüentemente, atingem diferentes setores da população.

As Compras do Setor Público

As compras do setor público, como apresentado por Edler e Georghiou (2007), exercem um papel determinante para a inovação e a criação de nichos de mercado para novas tecnologias ambientais, constituindo, assim, um elemento chave para políticas de inovação, orientadas pela demanda, influenciando as condições do mercado. Segundo esse estudo, identificam-se três principais características de impacto das compras do setor público:

- a) **A importância da demanda local e pioneirismo no mercado:** a demanda doméstica é uma fonte primordial para aumentar a competitividade de uma indústria em determinada localidade, contribuindo para a definição de localização das empresas e de seus investimentos em inovação. Porter (1990) demonstrou, em **Vantagem Competitiva das Nações**, que o nível de competitividade da empresa depende do tamanho dos mercados que opera. Os mercados com maior demanda permitem que produtores locais atinjam economias de escala mais rapidamente do que os mercados com menor demanda. Já o pioneirismo no mercado, normalmente, requer a adoção antecipada de uma inovação para que ela se difunda por meio de múltiplos usuários ou por meio de um único usuário com poder de compra suficiente para constituir um mercado próprio. É aqui que as compras do setor público são relevantes, pois com o impulso inicial das compras do setor público, os benefícios de aprendizado durante o processo de inovação são acelerados, bem como uma redução do risco no

investimento de PD&I. Com esse pioneirismo, também há a expectativa de que outros mercados venham a adotar o *design* estabelecido (“*design* dominante”), podendo, assim, garantir-lhe uma grande vantagem competitiva e o domínio internacional em determinada tecnologia. Sendo assim, na criação ou no estímulo de mercados pioneiros, o Estado proporciona o meio para estimular a oferta e a demanda.

- b) **Falhas de mercado e de sistema:** em mercados orientados pela oferta, é possível o surgimento de falhas que potencializam imperfeições do mercado, tradicionalmente, classificadas em falhas de mercado e falhas de sistema. Esse conjunto de falhas é comum em mercados pulverizados, nos quais há uma deficiência e/ou assimetria nas informações disponíveis para aqueles que pretendem produzir ou comprar inovações (falha de mercado) ou quando há uma interação fraca entre compradores e vendedores (falha de sistema). Os compradores, muitas vezes, não estão totalmente cientes a respeito de quais inovações de produtos e serviços estão disponíveis no mercado. Ao mesmo tempo, fornecedores de novos produtos e serviços, geralmente, não têm total conhecimento sobre o que os clientes podem querer no futuro e quais clientes estão disponíveis nesse mercado. Para Porter (1990), as interações e a comunicação entre usuário e produtor são, frequentemente, pobres, com demanda dispersa, não articulada o suficiente para fazer com que os fornecedores leiam os sinais do mercado e os traduzam em inovações. Esse fator contribui para uma falta de confiança no investimento em inovações, bem como ocorre a falta de habilidades para usar e explorar uma inovação disponível. Nessa situação, as compras do setor público podem remediar as falhas do mercado e do sistema e estimular a geração e uma melhor difusão das inovações. Dado seu tamanho, pode-se atingir uma massa crítica com uma única compra ou através da somatória das compras de diversas entidades públicas. Essa demanda do setor público cria incentivos claros para os fabricantes, reduzindo seu risco de mercado e permitindo economias de escala mais rapidamente.
- c) **Melhora em serviços públicos:** governos podem definir metas através de políticas normativas, como sustentabilidade ou eficiência energética. Essas metas podem ser alcançadas de forma mais rápida e eficaz por meio da inovação. Como os objetivos políticos são baseados em necessidades sociais percebidas e tais necessidades não são iguais à demanda presente no mercado, cabem às compras públicas serem o instrumento de estímulo ao mercado, traduzindo as necessidades percebidas em

demandas concretas. Nesse caso, a justificativa para que o Estado adquira uma inovação relativamente mais cara ou invista em uma fase inicial do ciclo de inovação, decorre exclusivamente da missão política. O Estado tem a capacidade de impulsionar a demanda privada em prol do atingimento de metas sociais, convertendo novas necessidades em demandas para as quais soluções inovadoras são normalmente aplicadas. E como tem muito mais poder de barganha, perante os fornecedores, durante os processos de especificações das compras públicas, pode ser mais exigente que os consumidores privados e influenciar a definição de determinados níveis de utilização ou qualidade – o que, conseqüentemente, deve definir o nível de serviço que passará a ser o exigido pela demanda privada.

As Dinâmicas de Transferência e Difusão do Conhecimento

Como abordado por Ockwell *et al.* (2008), a dinâmica de transferência e difusão do conhecimento é definida como um elemento-chave para a popularização de novas tecnologias, principalmente quando da adoção em países em desenvolvimento de uma tecnologia dominante em países desenvolvidos. Ao analisar o processo de transferência de tecnologia de VEs e híbridos do Reino Unido para a Índia, esses autores identificaram seis considerações políticas destinadas à facilitar a transferência de tecnologia para países em desenvolvimento:

- a) **Mudança tecnológica e capacitação:** para que a transferência de tecnologias de baixo carbono tenha um impacto significativo e sustentável, ela precisa estar inserida em um processo amplo de mudança tecnológica com o objetivo de aumentar a capacidade tecnológica de baixo carbono. Essa capacidade permitirá inovações futuras e garantirá a adoção a longo prazo de tecnologias de baixo carbono. Ela também depende da capacidade de absorção das empresas beneficiárias para garantir que essas possam aproveitar as colaborações dos fornecedores internacionais de tecnologias e de sua capacidade de adaptação às particularidades do mercado local.
- b) **Estágio de desenvolvimento tecnológico:** muitas tecnologias de baixo carbono estão em estágios iniciais de desenvolvimento, desse modo, existem barreiras relacionadas à transferência horizontal (entre localidades geográficas diferentes) e vertical (do centro de pesquisa para o mercado) precisam ser superadas. Em transferências horizontais

existe um forte componente de competitividade e nas transferências verticais a questão de direitos de propriedade intelectuais estão envolvidos, assim, existe a necessidade de iniciativas políticas nacionais para facilitar a comercialização de tecnologias entre os países, principalmente através do gerenciamento de barreiras à transferência de tecnologia. O estágio de desenvolvimento de tecnologia também afeta a natureza das barreiras e a própria transferência de tecnologia. Por exemplo, os riscos de custos de capital e confiabilidade são menores para tecnologias já relativamente consolidadas, como os veículos híbridos, em comparação às tecnologias em um estágio inicial de desenvolvimento, como os *fuel cells*.

- c) **Níveis de integração no processo de transferência:** quanto maior o nível de integração entre as empresas/países que estão cedendo e recebendo a tecnologia, maior a chance de que a transferência de tecnologia contribua para o desenvolvimento da capacidade tecnológica nos países receptores.
- d) **Estratégias da empresa receptora:** as empresas receptoras da tecnologia têm maior probabilidade em desenvolver suas capacidades, se esse processo de transferência fizer parte da estratégia mais ampla de obtenção de conhecimento tecnológico.
- e) **Direitos de Propriedade Intelectual (DPI) e interesses comerciais:** as empresas investem grandes montantes de recursos no desenvolvimento de novas tecnologias e muitas vezes conseguem manter sua vantagem competitiva por meio de Direitos de Propriedade Intelectual. Isso pode impedir que as empresas receptoras tenham acesso ao conhecimento amplo e necessário para desenvolver novas capacidades tecnológicas e como à questão do DPI teve grande relevância nas negociações internacionais sobre o clima na COP21, deve-se considerar potenciais impactos associados a isso.
- f) **Ação política doméstica e internacional:** no nível doméstico, ações políticas podem desempenhar um papel importante na superação das barreiras de custos e no desenvolvimento de mercados para novas tecnologias de baixo carbono, por meio de incentivos financeiros, tais como, impostos, subsídios, a regulamentação da comercialização de créditos carbono ou através de normas, tal como, a definição de metas de redução nas emissões de CO₂. Também podem contribuir com o desenvolvimento de sistemas nacionais de inovação, promovendo iniciativas de PD&I e/ou garantindo que a infraestrutura apropriada esteja implementada para promover o desenvolvimento tecnológico. No nível internacional, são relevantes as iniciativas de

colaboração em PD&I e compartilhamento de informações, bem como as ações que visam à superação de barreiras relacionadas aos altos custos das tecnologias de baixo carbono, seja por meio de financiamento direto, como por exemplo o Global Environment Facility (GEF, ou Fundo Global para o Meio Ambiente em tradução livre), ou seja por iniciativas que visam impor um preço internacional ao carbono, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Os Programas de Cooperação em Pesquisas

Os programas de cooperação em pesquisas são fatores de grande influência no potencial desenvolvimento de tecnologias inovadoras aplicadas aos VEs. Oltra e Saint Jean (2009) destacaram a importância que do PREDIT Programme (Programa Nacional de Pesquisa e Inovação em Transportes), instituído na França, em 1990, como um instrumento de coordenação nacional dos incentivos a PD&I. O programa é uma iniciativa interdepartamental (Ministério dos Transportes, Ministério de Pesquisa, Ministério da Indústria, Agência Nacional de Pesquisa – ANR, Agência de Meio-Ambiente e Agência de Energia) e conta com o apoio da OSEO, empresa privada com delegação de serviço público que financia Pequenas e Médias Empresas (PMEs) francesas no campo de inovação.

A rodada de 2002-2007 (PREDIT 3) estava focada em pesquisas em eficiência energética em motores à combustão, no desenvolvimento de motores elétricos e híbridos e em questões de segurança veicular. Todos os projetos que foram contemplados consistiam em pesquisa cooperativa, envolvendo fabricantes de automóveis, seus principais fornecedores, empresas industriais provenientes de outros setores (como, por exemplo, o setor de petróleo), instituições públicas (como, por exemplo, o Instituto Francês do Petróleo), laboratórios públicos e universidades.

Esse programa ilustra o relacionamento entre o regime tecnológico e a política de inovação: com base nas atuais direções de tecnologia e pesquisa, os formuladores de políticas definem os principais objetivos e as áreas de pesquisa e, conseqüentemente, as propostas de pesquisa das empresas automotivas são determinadas pelas características do regime tecnológico e das trajetórias tecnológica predominantes. Isso tende a criar uma dinâmica, na qual as tecnologias, as instituições e a indústria coevoluem alinhadas ao paradigma tecnológico dominante.

Pode-se também analisar os programas de cooperação em pesquisas com base no conceito de Triple Helix, desenvolvido por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), que engloba as principais características das interações entre universidade, indústria e governo, dentro de um sistema de inovação. Ele se baseia nas interações entre esses três elementos e suas funções primordiais. As universidades envolvidas em pesquisa básica, a indústria produzindo bens e serviços e governos regulando os mercados. A medida que as interações aumentam dentro dessa estrutura, cada componente evolui para adotar algumas características da outra instituição, o que dá origem a instituições híbridas, além de influenciar as interações bilaterais entre seus componentes, tais como:

- **Universidades-Indústria:** o papel inicial das universidades é fornecer educação aos indivíduos e pesquisa básica, na qual a indústria se baseará para produzir bens e serviços. À medida que são estreitadas as interações, como por exemplo, através de comunicação informal, conferências ou interesse industrial em publicações universitárias, tende a se fortalecer o processo de transferência de conhecimento e também a reforçar a relação entre essas instituições.
- **Governo-Universidade:** o aprofundamento das interações entre o governo e as universidades depende prioritariamente do relacionamento geral do Estado com a política educacional no ensino superior. Etzkowitz e Leydesdorff (2000) exemplificam os diferentes graus de interação ao comparar o modelo europeu, no qual o ensino superior é em grande parte público, com o modelo norte-americano, no qual as universidades de destaque são majoritariamente privadas. No modelo europeu, o governo tem uma influência maior nas universidades e na pesquisa que conduzem, pois ele é a principal fonte de financiamento. Já no modelo norte-americano, as universidades têm um grau maior de independência da influência do governo, mesmo que também recebam financiamento público.
- **Governo-Indústria:** a relação entre governo e indústria depende da atitude do governo em relação ao mercado. Em países com maior inserção estatal na economia, o papel do governo está relacionado à regulamentação do setor, bem como à liderança em determinados mercados pouco atrativos para a iniciativa privada. Já em países com economias com pouca inserção estatal, o papel do governo está limitado à prevenção de falhas de mercado.

Considerando todos os estudos utilizados para a análise de políticas públicas aplicadas a indústria nacional de VEs, Na Tabela 1 é apresentado um resumo da bibliografia utilizada e os componentes identificados.

Tabela 1 – Revisão bibliográfica dos componentes das políticas públicas

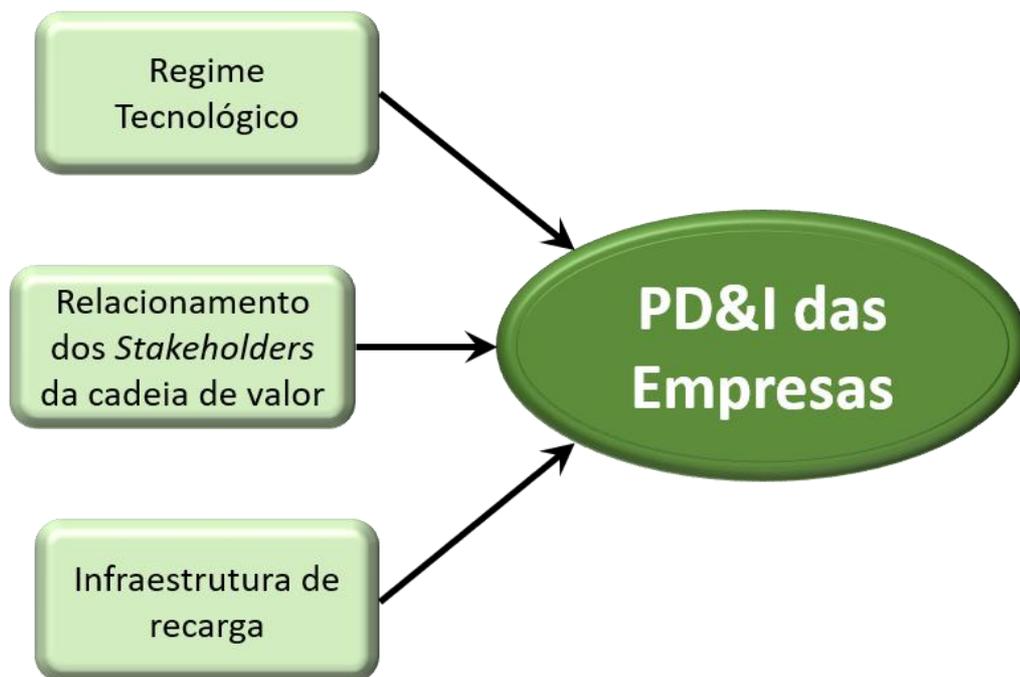
Componente analisado	Conceituação	Fontes
A importância dos acordos entre os agentes	Dispõe sobre a relevância que os acordos entre os agentes, tanto a nível nacional quanto internacional, têm sobre a dinâmica de inovação setorial e no desenvolvimento local dos VEs	Young (1999); Oltra e Saint Jean (2009); Bohnsack, Pinkse e Kolk (2014)
A relevância das regulamentações ambientais e de inovação	Identifica a importância que as regulamentações exercem sobre a dinâmica da indústria de VEs	Beise e Rennings (2005); Oltra e Saint Jean (2009); Lu <i>et al.</i> (2014)
Os padrões industriais	Avalia o impacto que os padrões industriais têm sobre o desenvolvimento da indústria de VEs	Porter e Van der Linde (1995); Oltra e Saint Jean (2009); Brown, Pyke e Steenhof (2010)
Os incentivos financeiros	Avalia a importância que os incentivos financeiros têm sobre o desenvolvimento da indústria de VEs, tanto os relacionados com PD&I quanto os relacionamentos diretamente ao mercado consumidor	Hahn e Stavins (1992); Oltra e Saint Jean (2009); Mallette e Venkataramanan (2010); Tuttle e Baldick (2012); Sierczula <i>et al.</i> (2014); Masiero <i>et al.</i> (2016); Lévy, Drossinos e Thiel (2017)
As compras do setor público	Analisa a relevância que as compras realizadas pelo setor público têm sobre o desenvolvimento local da indústria de VEs	Edler e Georghiou (2007); Oltra e Saint Jean (2009); Lu <i>et al.</i> (2014)
A transferência e difusão das tecnologias	Identifica os principais componentes e dinâmica da transferência de tecnologias, bem como a difusão das mesmas	Malerba (2002); Ockwell <i>et al.</i> (2008); Oltra e Saint Jean (2009)
Os programas de cooperação em pesquisas	Analisa os agentes e a dinâmica dos programas de cooperação em pesquisas para o desenvolvimento local da indústria de VEs.	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Oltra e Saint Jean (2009)

Fonte: O autor

2.5.2 – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) das Empresas

As empresas são os agentes proeminentes no processo de inovação, afinal são elas que encontram as soluções inovadoras para as demandas do mercado e conseguem convertê-las em produtos e serviços. Neste estudo, a dimensão PD&I das Empresas engloba todas as atividades relacionadas ao conhecimento tecnológico e às dinâmicas empresariais entre os *stakeholders* ao longo da cadeia de valor dos VEs. Os três componentes identificados são: (1) Regime Tecnológico, (2) Relacionamento dos *stakeholders* ao longo da cadeia de valor e, (3) Infraestrutura de recarga. Na **Figura 3**, é apresentada a concepção visual desses componentes e sua dimensão correspondente.

Figura 3 – Framework dos componentes de PD&I das Empresas



Fonte: O autor

Regime Tecnológico

Analisando o conceito de regime tecnológico desenvolvido por Malerba e Orsenigo (1996), como uma descrição do ambiente tecnológico em que operam as empresas, é possível identificar as características dos processos de aprendizagem associados à inovação das

empresas inseridas em determinado setor. Nesse caso são definidos quatro atributos principais sob os quais as empresas operacionalizam seu PD&I:

- a) **Base do conhecimento:** a tecnologia difere de acordo com sua complexidade (o grau de relações envolvidas no processo de geração de conhecimento) e a dinâmica de codificação e acesso desse conhecimento (o chamado *tacitness*).
- b) **Oportunidades tecnológicas:** são as possibilidades de inovação, dado um conjunto de investimentos, no qual a empresa está inserida e a capacidade de difusão desse conhecimento.
- c) **Condições de aprovabilidade:** refere-se à capacidade de proteção das empresas desenvolvedoras de tecnologias frente à possibilidade de imitação pelos seus concorrentes. Uma forma de proteção é a utilização de patentes.
- d) **Grau de cumulatividade:** é caracterizado pelo conhecimento acumulado em determinada trajetória de conhecimento.

O Relacionamento dos *Stakeholders* Envolvidos na Cadeia Produtiva

Pode-se verificar que a interação dos *stakeholders*, ao longo da cadeia de valor e de produtos associados aos VEs, pode afetar a intensidade dos investimentos em PD&I. Ritter e Gemunden (2003) identificaram que empresas que, mantêm um relacionamento próximo com seus clientes, fornecedores, instituições de pesquisa e concorrentes, têm maior probabilidade de sucesso nos processos de inovação de produtos e processos e, que a habilidade da empresa de usar e explorar os relacionamentos interorganizacionais, cria uma vantagem competitiva. Essa habilidade foi nomeada como competência de habilidade em rede (*skill network competence*).

O trabalho de Koschatzky (1999) segue na mesma linha ao identificar que a atividade de inovação de uma empresa também reflete sua capacidade de interagir com outros parceiros. Empresas com investimento intensivo em inovação (em média aquelas que possuem gastos com inovação acima de 3,5% do seu orçamento total) interagem fortemente com outros parceiros no processo de inovação e que, por efeitos de aprendizagem, conhecimento acumulado e maior capacidade de absorção, tende a aumentar a cooperação

com seus parceiros, resultando em uma ampla rede de relações e, conseqüentemente, uma otimização de seus investimentos em PD&I.

Considerando a indústria automotiva mundial e o caso dos VEs, as cadeias de valor atingem escalas globais. No trabalho de Masieiro *et al.* (2017), ao consultar executivos de companhias japonesas e sul-coreanas de VEs e seus componentes, verificou-se que ainda está em processo de consolidação uma cadeia global de valor (CGV), no qual existem oportunidades para o Brasil se inserir mais fortemente. Os entrevistados destacaram que as empresas brasileiras podem aumentar sua participação como fornecedoras de matérias-primas (lítio), principalmente em função da capacidade de grandes empresas brasileiras, como por exemplo a Vale, para a extração e beneficiamento nas reservas minerais da Bolívia, Argentina e Chile. Também há oportunidades em atividades de maior valor agregado como os componentes, por exemplo pela disponibilidade de várias empresas brasileiras no setor de TI produzirem sistemas de controle e que poderiam participar do desenvolvimento de *software* para o segmento *Battery Management System* (BMS).

A Infraestrutura de Recarga

A infraestrutura de recarga é um dos pontos-chaves associados aos VEs. Nesse sentido, caso os desafios de custos e compatibilidade dos sistemas forem superados, isto pode ampliar significativamente a adoção dos VEs em escala global. Quando falamos de PD&I e em infraestrutura de recarga, além da própria questão tecnológica, também devem ser considerados os padrões de utilização e preferências do consumidor, bem como a conexão dessa infraestrutura ao Sistema Interligado de Energia (SIN) e o apoio de sistemas inteligentes de gerenciamento e monitoramento.

Os trabalhos de Morrow, Karner e Francfort (2008) e Foley, Winning e Gallachóir (2010), analisando os diferentes tipos de sistemas de recarga (residenciais individuais, residenciais coletivos e comerciais), concluíram que é importante que haja uma padronização dos tipos de *plugs* e da tecnologia dos pontos de recarga para que a infraestrutura de carregamento seja comum e possibilite o atendimento de uma quantidade maior de usuários, definindo, assim, o paradigma tecnológico que norteará os investimentos em PD&I das empresas em busca da redução nos custos de fabricação. Além disso é importante que exista um alinhamento junto ao setor elétrico, visando identificar antecipadamente os impactos no

SIN de Energia, garantindo, desse modo, o fornecimento de energia no local e no momento adequados.

Micari *et al.* (2017), em seu estudo sobre o planejamento de uma rede de recarga na Itália, defende a importância das empresas oferecerem diferentes abordagens de tamanho e localização dos pontos de carregamento, dada a falta de padrão definido. O desenvolvimento tecnológico dos sistemas de recarga devem buscar reduzir o tempo de recarregamento sem afetar a utilidade das baterias. As melhorias nas tecnologias de armazenamento de energia também devem influenciar o planejamento da infraestrutura de recarga, principalmente no que tange à densidade de energia e de corrente de recarga das baterias, garantindo uma vida útil maior. Por isso, a rede deve ser suficientemente flexível para atender a demanda dos motoristas e as futuras alterações nessa demanda de energia, garantindo o fornecimento de qualidade e, conseqüentemente, eliminando a ansiedade de alcance associada à mobilidade elétrica.

O estudo de Morrissey, Weldon e O'Mahony (2016) destacou algumas características relacionadas às preferências de utilização dos pontos de recarga pelos usuários, contribuindo assim para o planejamento de PD&I das empresas para atender a essa demanda crescente. Com relação ao carregamento residencial, foi identificado que esse é o lugar preferido dos usuários de VEs para recarregar seus veículos, preferencialmente à noite (ou seja, próximo do período de pico da rede elétrica). Sendo assim, as pesquisas e as ações das empresas envolvidas com o sistema elétrico deveriam buscar incentivar a utilização da recarga em outros períodos de tempo ou minimizar seu impacto durante o período de pico.

O mesmo estudo explora a viabilidade comercial da infraestrutura de recarga pública, identificando que o carregamento rápido foi considerado o tipo mais provável para se tornar comercialmente viável no curto e médio prazo. As áreas de estacionamentos também foram vistas como pontos aceitáveis pelos usuários de VEs para carregar seus veículos, assim como os postos de gasolina. Em especial para postos de gasolina, essa preferência tende a demandar investimentos em PD&I relacionados à segurança dos pontos de recarga, dada a relação perigosa entre combustível e eletricidade. Os autores concluem que as empresas e governos devem dar prioridade ao desenvolvimento de uma rede altamente conectada de carregadores rápidos e um planejamento integrado da definição dos locais onde esses pontos serão instalados.

Considerando todos os estudos utilizados para a análise dos componentes de PD&I das Empresas aplicadas a indústria nacional de VEs, na Tabela 2 é apresentado um resumo da bibliografia utilizada e os componentes identificados.

Tabela 2 – Revisão bibliográfica dos componentes das PD&I das Empresas

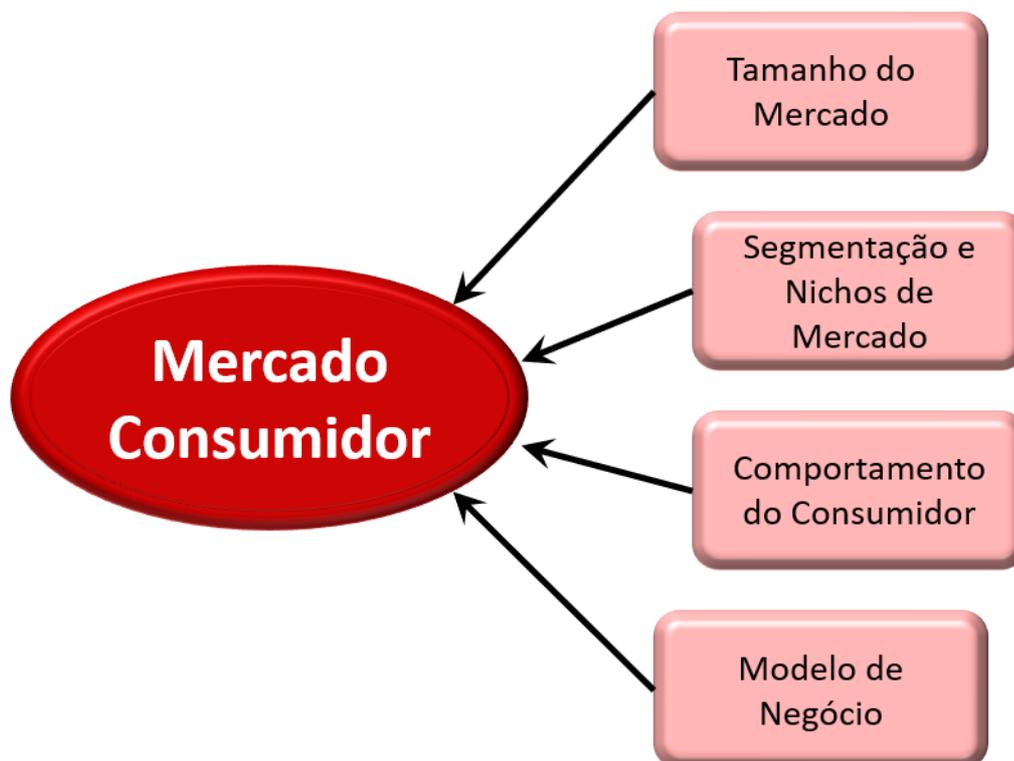
Componente analisado	Conceituação	Fontes
Regime tecnológico	Define o ambiente tecnológico em que operam as empresas e identifica as características dos processos de aprendizagem associados à inovação das empresas inseridas em determinado setor	Malerba e Orsenigo (1996); Malerba (2002); Oltra e Saint Jean (2009); Lu <i>et al.</i> (2014)
O Relacionamento dos <i>stakeholders</i> da cadeia de valor	Identifica a dinâmica e influência que grau de relacionamento entre os <i>stakeholders</i> na cadeia de valor tem no desenvolvimento de uma indústria inovadora	Koschatzky (1999); Malerba (2002); Ritter e Gemunden (2003); Oltra e Saint Jean (2009); Kley, Lerch e Dallinger (2011); Lu <i>et al.</i> (2014); Masiero <i>et al.</i> (2017)
A infraestrutura de recarga	Define os principais critérios de inovação associados a infraestrutura de recarga para os VEs	Morrow, Karner e Fracfort (2008); Foley, Winning e Gallachóir (2010); San Román <i>et al.</i> (2011); Morrissey, Weldon e O'Mahony (2016); Micari <i>et al.</i> (2017)

Fonte: O autor

2.5.3 – O Mercado Consumidor

Os componentes associados ao mercado consumidor envolvem questões prioritariamente associadas à demanda, desde as características do mercado propriamente dito (tamanho, segmentação, nichos, *etc.*), o perfil do comportamento do consumidor e os modelos de negócios das empresas para atender a determinadas demandas. Foram identificados quatro componentes principais: (1) o tamanho do mercado, (2) a segmentação e nichos de mercado, (3) o comportamento do consumidor e, (4) o modelo de negócio para atender as demandas. Na **Figura 4**, é apresentada a concepção visual desses componentes e sua dimensão correspondente.

Figura 4 – Framework dos componentes de Mercado Consumidor



Fonte: O autor

O Tamanho do Mercado

O ponto de partida básico dessa dimensão é o tamanho do mercado. Segundo o estudo de Desmet e Parente (2010), mercados maiores, no sentido de mais consumidores e mais fornecedores, além de serem naturalmente mais atrativos que mercados restritos, trazem maiores empresas com mais capacidades de investimento em PD&I. Isso tende a aumentar a concorrência e facilitar o processo de inovação, pois esses mercados suportam maior variedade de bens para atender a demandas diversificadas, o que deve diminuir as margens dos produtores envolvidos. Com a redução das margens, esses produtores precisam vender mais unidades para atingir o mesmo patamar anterior de rentabilidade, forçando-os novamente a inovar para buscar uma nova vantagem competitiva nesse mercado.

Outro trabalho que compartilha dessa visão é o modelo desenvolvido por Melitz e Ottaviano (2008), no qual o tamanho do mercado e a intensidade do comércio afetam a concorrência, forçando à seleção de produtores e exportadores em um determinado mercado. A produtividade agregada e as margens médias respondem tanto ao tamanho de um mercado

quanto à extensão de sua integração através do comércio, resultando em mercados com maior produtividade e menores margens.

A Segmentação e os Nichos de Mercado

A geração de segmentação e nichos de mercado deriva da maior variabilidade de demandas e da disponibilidade de oferta que atenda a essas demandas. Segundo Geels (2002), os nichos de mercado são importantes para a inovação porque são ambientes mais propícios para o desenvolvimento de inovações radicais, principalmente porque novas tecnologias em um estágio inicial não possui a mesma capacidade competitiva frente aos produtos tradicionais, pois além de terem um desempenho relativamente mais baixo, normalmente são mais caros.

Green, Skerlos e Winebrake (2014) argumentam que é necessário eliminar os preconceitos do mercado em relação aos VEs, utilizando como público-alvo os *early adopters*, que nesse caso seriam consumidores que se preocupam com o meio-ambiente e estão dispostos a arcar com o custo adicional desses produtos e, em alguns casos, arcar com as desvantagens do uso em relação aos veículos tradicionais. Para os autores, os esforços para encorajar a adoção do VEs devem se concentrar em torná-los acessíveis aos consumidores que valorizem suas características específicas, ao invés de tentar alterar a tecnologia dos mesmos para obter aceitação pelos consumidores tradicionais. E, provavelmente, uma maior penetração no mercado ocorreria de forma mais eficiente se as políticas públicas focassem nas oportunidades dos nichos associados essas características.

Analisando nichos de produtos ambientalmente adequados, Sierzchula *et al.* (2014) identificam que o importante para os VEs é apresentar níveis de emissões drasticamente menores em comparação aos veículos tradicionais. Para isso é condição necessária haver demanda suficiente dentro desse nicho para que os fabricantes continuem a produzi-los, visando sua adoção pelos primeiros usuários (*early adopters*). Dessa forma, ocorrerá o desenvolvimento de uma estrutura de manutenção e suporte para os *early adopters*, retroalimentando o sistema e forçando as empresas a melhorarem seus produtos e serviços para atender uma gama de usuários.

Comportamento do Consumidor

Conhecer o comportamento do consumidor de VEs é relevante tanto por questões ambientais como por questões de negócio. O estudo de Jansson, Marell e Nordlund (2010), ao aplicar uma *survey* em 1.832 respondentes, usuários e não-usuários de VEs, identificou que o conjunto de valores, crenças, normas e força do hábito determina a disposição para a adoção de umaecoinovação, sendo que as normas pessoais têm forte influência positiva na disposição para os comportamentos e que a força do hábito tem influência negativa.

Complementarmente, o experimento de Hidrue *et al.* (2011) tentou avaliar melhor as características e comportamentos do consumidor na adoção dos VEs, ao entrevistar 3.029 respondentes americanos. O experimento considerou a propensão de se pagar mais, por meio de cinco atributos dos VEs: alcance de condução, tempo de carregamento, economia de combustível, redução de poluição e desempenho. Para os entrevistados, somente o alcance de condução, a economia de custos de combustível e o tempo de carregamento são significativos.

A partir dessa constatação e do experimento como um todo, concluiu-se que a propensão de uma pessoa para comprar um VEs aumenta com a juventude, o nível educacional, um estilo de vida ecológico, a crença de que os preços do combustível aumentarão substancialmente no futuro, o viver em um lugar onde há estação de recarga acessível e, também, se a pessoa tem uma tendência para comprar um veículo de tamanho pequeno ou médio. No mais, a perspectiva de economia de combustível é mais importante do que o desejo em ajudar o meio-ambiente.

Modelo de Negócio das Empresas para Atender a Demanda

Kley, Lerch e Dallinger (2011) analisam a escolha do modelo de negócio implementado pelas empresas para sua atuação no mercado de VEs. Considerando o que chamaram de domínios "veículo e bateria", "infraestrutura" e "serviços do sistema", esse estudo aplicou uma análise holística desses domínios às iniciativas de VEs para identificar os diferentes modelos de negócios aplicáveis. Também identificou quatro *drivers* principais para novas abordagens dos modelos de negócio visando ampliar a demanda dos VEs:

- a) **melhor utilização da capacidade do veículo**, através de conceitos modernos de mobilidade, tais como, o compartilhamento de veículos;
- b) **conceito de utilização estendida**, as baterias podem ser carregadas com energia durante os períodos fora de pico e podem alimentar de volta o sistema de energia durante os períodos de pico;
- c) **uso secundário das baterias**, com a possibilidade de se usar bateria do VEs como armazenamento estacionário de energia, a fim de aumentar seu valor residual;
- d) **aumento da aceitação**, o obstáculo da autonomia pode ser minimizada oferecendo-se as chamadas "garantias de mobilidade". Por exemplo, ao comprar um carro elétrico, o uso ocasional de um veículo de combustão poderia ser oferecido para viagens mais longas ou a informação do próximo poste de carga disponível poderia ser integrada no sistema de navegação do veículo.

Já Bohnsack, Pinkse e Kolk (2014) identificaram que as empresas tradicionais e novas empreendedoras na indústria de VEs abordam a inovação do modelo de negócios de maneira diferente. Eles constataram que a maioria das empresas tradicionais permaneceu bastante próxima ao modelo de negócios existente e empregado aos carros convencionais, visando o mesmo grupo de clientes, porém, com um conteúdo comparável focado no produto. Já as novas empresas do setor foram a principal fonte de novidades nos modelos de negócios, que depois viriam a se difundir em toda a indústria, pois essas encontraram maneiras criativas de contornar as desvantagens dos VEs (por exemplo, custo, autonomia, tempo de carregamento).

Em geral, essas empresas implantaram seus modelos de negócios focados na criação de valor percebido para o cliente, enfatizando as vantagens superiores dos VEs, como por exemplo, a Tesla Motors que desenvolveu seu modelo de negócio através de VEs de luxo de alto desempenho. O primeiro veículo oferecido pela empresa foi o superesportivo de luxo Roadster, que acelera de 0 a 100 km/h em quatro segundos. Embora esses carros sejam caros, atributos como uma aceleração rápida são vistos como benefícios que compensam seu alto preço (o preço inicial era US\$ 109 mil).

Presume-se ainda que o cliente típico de VEs de alto desempenho não seja muito sensível a preço e use o veículo para fins de lazer. Esses clientes também não têm uma grande necessidade de infraestrutura pública de recarga, porque eles tendem a ter pelo menos outro

carro para propósitos diários, além de um ponto de recarga particular no qual o VE pode ser recarregado. Com o bom número de vendas do Tesla Roadster, a receita gerada foi utilizada para a construção de uma fábrica altamente automatizada voltada à produção de carros mais acessíveis ao público em geral, o Tesla S (preço inicial de US\$ 74 mil) e o Tesla 3 (a um preço inicial de US\$ 35 mil).

Considerando todos os estudos utilizados para a análise dos componentes de Mercado Consumidor aplicadas a indústria nacional de VEs, na Tabela 3 é apresentado um resumo da bibliografia utilizada e os componentes identificados.

Tabela 3 – Revisão bibliográfica dos componentes do Mercado Consumidor

Componente analisado	Conceituação	Fontes
Tamanho do Mercado	Apresenta a relevância que o tamanho do mercado consumidor potencial tem em relação ao desenvolvimento da indústria	Melitz e Ottaviano (2008); Oltra e Saint Jean (2009); Desmet e Parente (2010); Lu <i>et al.</i> (2014)
Segmentação e Nichos de Mercado	Identifica a relevância que a segmentação e os nichos de mercado possuem no desenvolvimento de uma indústria inovadora	Geels (2002); Oltra e Saint Jean (2009); Green, Skerlos e Winebrake (2014); Sierzchula <i>et al.</i> (2014)
Comportamento do Consumidor	Apresenta as principais características do consumidor de VEs	Malerba (2002); Oltra e Saint Jean (2009); Jansson, Marell e Nordlund (2010); Hidrue <i>et al.</i> (2011)
Modelo de negócios para atender a demanda	Identifica que diferentes modelos de negócios podem estimular o desenvolvimento mais amplo de determinado setor industrial	Kley, Lerch e Dallinger (2011); Bohnsack, Pinkse e Kolk (2014)

Fonte: O autor

2.5 – Estudos sobre a Dinâmica Brasileira dos VEs

Mesmo que no Brasil os Sistemas Setoriais de Inovação não existem formalmente, alguns estudos buscaram se aprofundar na identificação de seus componentes e suas relações. Com a elaboração de um mapa teórico do Sistema Brasileiro de Inovação, a ANPEI (2016) identificou os principais agentes envolvidos, suas responsabilidades e a forma em que se dão

as relações entre esses agentes. Nesse sistema, conforme apresentado na **Figura 5**, foram definidos os seis principais grupos de agentes:

- a) **Governo:** em todas as esferas (federal, estadual e municipal), é responsável pela regulação (marco regulatório, propriedade industrial, *etc.*), fomento (banco de desenvolvimento, fundos de desenvolvimento e inovação), educação (fundações de pesquisa, tais como, CAPES, CNPq e FAPESP) e pesquisa aplicada (ICTs públicos);
- b) **Empresas:** responsáveis pelo desenvolvimento e aplicação das inovações de produtos e processos, ofertando-os ao mercado;
- c) **Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs):** centros de geração de conhecimento que, em parceria com as empresas, desenvolvem novas soluções que podem ser ofertadas ao mercado e/ou compartilhadas.
- d) **Entidades de Classe:** funcionam como facilitadores das relações entre os envolvidos, fazendo a articulação institucional entre os demais agentes desse sistema;
- e) **Investidores:** interessados no desenvolvimento de determinada solução que atuam nesse sistema, fornecendo recursos (através de parcerias, investimento direto, aporte de capital ou fundos de pesquisa) e apoio gerencial às empresas envolvidas;
- f) **Habitats e Suporte:** plataformas de fomento ao desenvolvimento do conhecimento, através das incubadoras, dos parques tecnológicos ou de consultorias para determinados fins.

vantagens associadas às emissões de poluentes e no menor custo operacional que os VEs possuem em relação aos veículos à combustão. Esses estudos discutem como o Brasil poderia se aproveitar da tendência global de crescimento dos VEs, do papel que os órgãos governamentais teriam para o desenvolvimento (em especial ao Ministério de Ciência e Tecnologia e o BNDES) e dos desafios de produção das baterias de íon-lítio.

Mazon, Consoni e Quintão (2013), por sua vez, aplicando o SNI de Lundvall (1992) à realidade brasileira, identificaram e relacionaram os agentes envolvidos ao longo da cadeia de valor dos veículos elétricos, analisando o potencial de desenvolvimento dos VEs. Esses autores apontaram que o SNI nacional é composto por: governo (órgãos de fomento e instituições reguladoras), ICTs (institutos de pesquisa e universidades) e, empresas (montadoras, fabricantes de autopeças, empresas de eletroeletrônico, empresas do setor de energia, fabricantes de pilhas e baterias). Todos esses agentes interagem de alguma maneira para a expansão das atividades relacionadas à produção e comercialização de VEs no Brasil.

Dois trabalhos, promovidos pelo BNDES, foram publicados com foco no planejamento do desenvolvimento dessa indústria no Brasil. Castro e Ferreira (2010) identificaram os aspectos básicos dos VEs, o estágio atual do mercado e suas futuras perspectivas de desenvolvimento no país, destacando a relevância que as políticas públicas possuem para determinar a inserção dos VEs na indústria nacional. Baran e Legey (2011) realizaram uma revisão histórica dos VEs no mundo e, analisando a inserção do mercado de VEs nos EUA, identificaram que grande parte foi decorrente de incentivos governamentais aos fabricantes e consumidores de veículos elétricos e híbridos. A partir dessa constatação, eles discutiram as implicações da introdução de VEs no Brasil dado o estágio de desenvolvimento da frota de veículos e como os incentivos governamentais poderiam gerar mudanças significativas no setor.

Mello, Marx e Souza (2013) discutiram sobre quais condições seriam necessárias para desenvolver as competências indispensáveis para a inserção dos VEs no Brasil e, a partir disso, avaliaram cenários futuros. Nesse estudo, perceberam a existência de pequenas ações externas ao setor automotivo (como, por exemplo, o setor elétrico), porém, sem uma forte coordenação ou apoio de políticas públicas. Esses autores recomendaram o desenvolvimento de produtos para nichos específicos (como, por exemplo, ônibus ou pequenos utilitários urbanos), como uma forma de iniciar o processo para o desenvolvimento de uma indústria

local no futuro. E que incentivos e regulamentações governamentais seriam indispensáveis para melhorar as competências corporativas e os investimentos em infraestrutura.

Já Vaz, Barro e Castro (2015), realizaram uma revisão das políticas públicas voltadas para os VEs presentes em outros países e propuseram uma avaliação preliminar de sua aplicação no Brasil. Há um conjunto amplo de políticas que podem ser adotadas, com maior ou menor custo, tais como: (i) instituição de metas de emissões de longo prazo; (ii) obrigatoriedade da etiquetagem veicular (dando mais transparência aos impactos ambientais dos veículos); (iii) reforço das linhas de créditos com um foco maior em VEs pesados; (iv) incentivos financeiros que visem atenuar a perda de valor de revendas dos VEs no médio prazo; (v) os incentivos à adoção de VEs para táxis, uso em locadoras e para frotas públicas; (vi) incentivo à geração distribuída, à adaptação de residências, à instalação de postos de recarga rápida e à avaliação dos impactos nas distribuidoras de energia.

3 – CONTEXTO DO ESTUDO

Este capítulo está estruturado em três partes. Na primeira, apresenta-se o contexto dos veículos elétricos e a indústria automotiva mundial. Na segunda parte, estão as informações a respeito dos principais *stakeholders* da indústria de VEs no Brasil: o governo, (no caso, os impostos, a ANEEL e o BNDES), as montadoras, a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Por fim, na terceira parte, são discutidas as duas principais iniciativas de VEs no Brasil, ambas coordenadas por empresas do setor elétrico: o Projeto do VE da Itaipu Binacional e o Projeto Emotive da CPFL Energia.

3.1 – Contexto dos Veículos Elétricos (VEs) e a Indústria Automotiva Mundial

Seguindo a classificação de Chan (2007), os VEs são divididos em quatro categorias: os veículos híbridos (*Hybrid Electric Vehicles* – HEVs), que são aqueles que possuem dois motores, um elétrico e outro à combustão; os veículos *Plug-in* (*Plug-in Electric Vehicles* – PEVs), são os que possuem somente um motor 100% elétrico e uma bateria que é recarregada por uma fonte externa de energia elétrica (através dos chamados eletropostos ou pontos de recarga); os híbridos *plug-in* (*Plug-in Hybrid Electric Vehicles* – PHEVs) que são os veículos híbridos que também possuem um sistema de recarga externa de energia e, os *Fuel Cell Electric Vehicles* (FCEVs), que possuem um sistema de propulsão que utiliza uma reação química entre hidrogênio e oxigênio para a geração de energia, podendo ser utilizada diretamente no movimento do veículo ou ser estocada em baterias, tendo H₂O como o único resíduo desse processo.

Quando pensamos em mobilidade, o combustível empregado é um fator determinante. O fato de a energia elétrica ser de fácil acesso e relativamente barata, faz com que os VEs possuam potencial de se tornarem uma inovação disruptiva no conceito de Bower e Christensen (1995), ou seja, inovações que determinam um novo patamar tecnológico e que se tornem mais baratas que a tecnologia substituída. Porém, para a popularização dos VEs alguns desafios técnicos na produção ainda precisam ser superados, como por exemplo, os elevados custos de fabricação, particularmente das baterias que apresentam baixa durabilidade e potência. No caso dos FCEVs, considerem-se os altos custos de produção e de

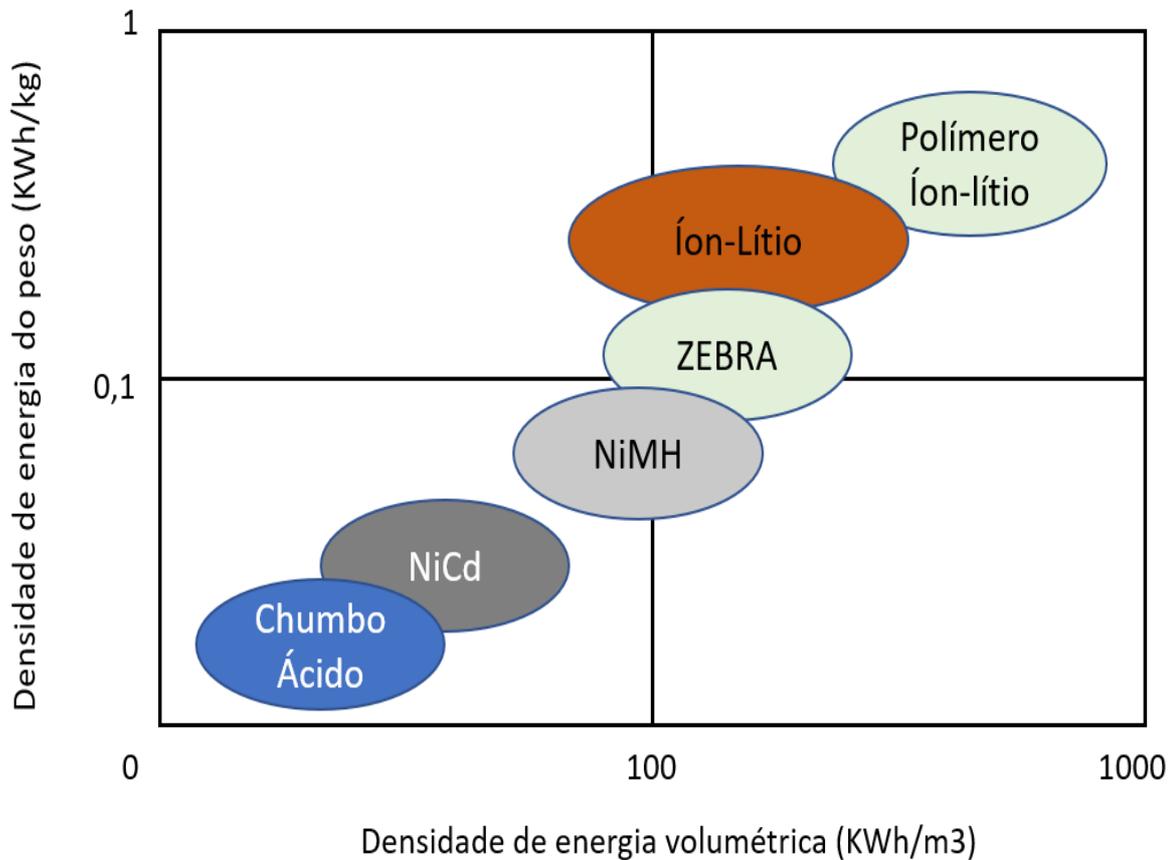
armazenagem do hidrogênio – substância que não é encontrada em forma natural no meio-ambiente.

Analisando a evolução das pesquisas realizadas sobre os VEs, ao longo de quatro décadas, Chan (2011) identificou que o sucesso na produção e na comercialização desses veículos depende essencialmente da superação de alguns desafios associados às baterias e à infraestrutura de recarga, destacando-se: (1) disponibilidade de produtos com autonomia de deslocamento a um custo acessível; (2) disponibilidade de infraestrutura eficiente e fácil de utilizar e, (3) disponibilidade de modelo de negócios para alavancar o custo das baterias.

Fournier *et al.* (2012), em um estudo sobre o desenvolvimento da indústria de VEs, apontam que as baterias são os itens mais complexos e os menos duráveis em relação aos veículos tradicionais, sugerindo que a indústria deveria focar seus esforços na busca por avanços tecnológicos desses componentes. Ainda sobre as baterias, Manzetti e Mariasiu (2015) assinalam que atualmente existem seis tipos de baterias, comparando suas respectivas capacidades de armazenamento com seu volume e peso, conforme apresentado da **Figura 6**:

- a) Chumbo ácido (PbA), as pioneiras e que atualmente são as mais baratas;
- b) Níquel-Cádmio (NiCd);
- c) Níquel hidreto metálico (NiMH);
- d) Íon-lítio (Li-ion), as mais utilizadas nos VEs modernos;
- e) Polímero de íon-lítio, similares as Li-ion, porém com maior ciclo de vida;
- f) Cloreto de níquel de sódio (NaNiCl), também conhecidas como ZEBRA (*Zero Emission Battery Research Activity*).

Figura 6 – Comparativo das tecnologias atuais de baterias para VEs



Fonte: Manzetti e Mariasiu (2015)

Os modelos de baterias de íon-lítio são os mais utilizados atualmente nos VEs. Também possuem melhor relação entre capacidade e peso/volume. O lítio é um minério raro e com reservas concentradas em poucos países. Dados da US Geological Survey (2016) apontam que quase 2/3 das reservas mundiais de lítio concentram-se na América do Sul. O Chile possui 53,5%, Argentina 14,3% e o Brasil possui 0,34% dessas reservas. Além desses países sul-americanos, vale destacar que 22,8% das reservas estão localizadas na China e 10,7% estão na Austrália. Na **Tabela 4**, é apresentado o detalhamento das principais reservas de lítio no mundo, bem como a informação dos maiores recursos identificados.

Tabela 4 – Reservas e recursos mundiais de lítio (2015)*Em milhões toneladas*

País	Reservas	%	Recursos	%
Argentina	2.000	14,3%	6.500	15,9%
Austrália	1.500	10,7%	1.700	4,1%
Áustria	n.d.	n.d.	130	0,3%
Bolívia	n.d.	n.d.	7.500	18,3%
Brasil	48	0,34%	180	0,4%
Canadá	n.d.	n.d.	1.000	2,4%
Chile	7.500	53,5%	9.000	22,0%
China	3.200	22,8%	5.100	12,4%
Congo	n.d.	n.d.	1.000	2,4%
EUA	38	0,27%	6.700	16,3%
México	n.d.	n.d.	180	0,4%
Portugal	60	0,43%	n.d.	
Rússia	n.d.	n.d.	1.000	2,4%
Sérvia	n.d.	n.d.	1.000	2,4%
Zimbábue	23	0,16%	n.d.	
TOTAL	14.000	100%	40.990	100%

Fonte: US Geological Survey (2016). **Nota:** recursos compreendem fontes existentes do mineral para eventual extração. Reservas compreendem apenas as que têm viabilidade técnica, econômica e legal para extração.

Tendo como base essa concentração regional de lítio, consideramos o estudo de Bas, Amoros e Kunc (2008) sobre a formação de *clusters* produtivos na América Latina próximos as fontes de matérias-primas. Esses autores mostram as implicações e os desafios relacionados às necessárias inovações para o desenvolvimento das baterias e da infraestrutura para impulsionar a indústria.

A infraestrutura de recarga é outro fator de extrema relevância para a popularização dos VEs. Do ponto de vista técnico, destacamos quatro tipos diferentes de *plugs* utilizados em vários países. Por ainda não existir um padrão mundial, algumas montadoras adaptam os *plug* em função do mercado nos quais seus modelos são comercializados. Os tipos de *plugs* em utilização atualmente são:

- a) **Tipo 1:** modelo de corrente alternada (CA) compatível com os VEs comercializados, principalmente nos EUA e Canadá. Padrão adotado pela norte-americana SAE (Society of Automotive Engineers) e regulamentado através da norma N° J1772. Os principais veículos que utilizam esse *plug* são o Nissan Leaf (americano), Chevrolet

- Volt, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Mitsubishi i-MiEV (americano), Honda Fit EV e Kia Soul EV (americano), além do Tesla Model S (via adaptador).
- b) **Tipo 2:** modelo de CA compatível com os VEs comercializados na Europa e padrão adotado pela ACEA (Associação dos Fabricantes Europeus de Automóveis). Também é conhecido como o tipo Mennekes – nome do fabricante que desenvolveu esse modelo. Os principais veículos que utilizam este *plug* são Renault Kangoo ZE, Renault ZOE, Renault Fluence ZE, BYD e6, BMW i3, Volkswagen e-Up! e Volkswagen e-Golf. Também está disponível no mercado chinês.
- c) **CHAdEMO** (*Charge de Move* – recarregue para o movimento): modelo de corrente contínua (CC), desenvolvido por uma associação formada no Japão, composta pelas empresas Tokyo Electric Power Company, Nissan, Mitsubishi, Toyota e Fujy Heavy Industries (a fabricante dos veículos Subaru). Os principais veículos que utilizam esse *plug* são Nissan Leaf (asiático), Mitsubishi i-MiEV (asiático), Kia Soul EV (asiático), Citroen C-Zero, Peugeot iOn e Fiat 500.
- d) **Combo CCS** (*Combined Charging System* – Sistema de Recarga Combinado): modelo oficialmente divulgado em 2012 em uma combinação das normas da SAE (Society of Automotive Engineers) e da IEC (International Electrotechnical Commission), criando um padrão que permite a recarga rápida em CC como também a recarga (lenta ou rápida) em CA. Oito montadoras aderiram a esse novo padrão, sendo elas: Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche e Volkswagen.

Sobre as questões de mercado, a expectativa de crescimento na frota mundial de VEs também vem chamando a atenção de importantes instituições. McKinsey (2009; 2016) e Accenture (2014), duas das maiores consultorias empresariais do mercado, elaboraram estudos a respeito das perspectivas e desafios do setor para a próxima década, estimando que o crescimento dos VEs será ainda maior do que o apresentado nos últimos anos. A International Economic Development Council (IEDC, 2013), órgão de estudos econômicos da ONU, a International Energy Agency (IEA, 2015) e a Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores (OICA, 2007) publicaram relatórios sobre o futuro desse mercado e de como os VEs podem contribuir com o desenvolvimento econômico e a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Praticamente, todos os estudos sobre a expansão dos VEs destacam que seus preços são bastante superiores aos seus similares à combustão. Enfatizam também que a constante redução no custo de produção das baterias, verificada nos últimos anos, alinhada a um crescimento nas vendas entre 2008 a 2015, com média anual de 123% (IEA, 2016), a popularização dos VEs deverá ocorrer gradualmente nos próximos anos.

3.1.2 – O Perfil da Indústria Automotiva no Século XXI

A indústria automotiva mundial apresenta relevância econômica por duas razões diretas: a primeira por sua contribuição ao PIB e segundo pela grande quantidade de funcionários empregados no setor. Segundo dados da OICA (2017), foram produzidos 97 milhões de veículos em todo o mundo (entre veículos de passeio, pequenos veículos comerciais, caminhões e ônibus), gerando aproximadamente 2 trilhões de Euros em vendas e 400 bilhões de Euros em impostos, além de empregar 9 milhões de pessoas na produção dos veículos e seus componentes. Porém, o setor também é considerado um dos grandes vilões, quando se trata das emissões de gases de efeito estufa. Com uma frota mundial de 1,3 bilhões de unidades, estima-se que o setor de transportes seja responsável por 23% das emissões globais de CO₂ (IEA, 2015).

A China lidera o *ranking* geral de produção de veículos, com 29 milhões produzidos em 2017, o que correspondeu a 30% do total. Em seguida, estão os EUA, com uma produção de quase 11,2 milhões de unidades (11,5% do total) e o Japão, com 9,7 milhões de unidades (10% do total). Em 2009, o Brasil ocupou a 5ª. posição desse *ranking* e, em 2017, estava em 9ª posição, com 2,7 milhões de unidades ou uma participação de aproximadamente 3% da produção mundial. O total de veículos produzidos por país é apresentado na **Tabela 5**.

Tabela 5 – Produção mundial de veículos entre 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	24.567	28.119	29.015	9,1%	29,8%
EUA	12.106	12.180	11.190	-3,8%	11,5%
Japão	9.278	9.205	9.694	2,2%	10,0%
Alemanha	6.033	5.747	5.646	-3,2%	5,8%
Índia	4.161	4.518	4.783	7,5%	4,9%
Coréia do Sul	4.556	4.229	4.115	-4,8%	4,2%
México	3.565	3.600	4.068	7,1%	4,2%
Espanha	2.733	2.886	2.848	2,1%	2,9%
Brasil	2.429	2.156	2.670	5,6%	2,7%
Canadá	2.283	2.370	2.200	-1,8%	2,3%
Restante Europa	12.400	12.854	13.667	5,1%	14,0%
Restante Ásia	5.317	5.775	5.934	5,8%	6,1%
Restante África	835	904	931	5,7%	1,0%
Restante Américas	579	514	512	-5,8%	0,5%
TOTAL VEÍCULOS	90.844	95.058	97.303	3,6%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Detalhando-se a produção automobilística em veículos leves (veículos de passeio e pequenos veículos comerciais) e pesados (caminhões e ônibus), a China também é líder na produção das duas categorias, sendo responsável pela produção de 29% dos veículos leves (26,6 milhões de unidades) e 55% dos veículos pesados (2,4 milhões de unidades), conforme **Tabelas 6 e 7**.

Avaliando a categoria de veículos leves, a produção de veículos de passeio também é liderado pela China, com 34% da produção mundial, com 24,8 milhões de unidades, conforme **Tabela 6.1**, disponível no Apêndice. Já nos veículos comerciais leves, categoria que inclui os SUV's, os EUA são o líder mundial com 41% da produção anual e 7,8 milhões de unidades, conforme **Tabela 6.2**, disponível no Apêndice. Examinando-se os veículos pesados, a China concentra 55% do mercado de caminhões com 2,3 milhões de unidades, conforme **Tabela 7.1**, e o 56% do mercado de ônibus com 178 mil unidades, conforme **Tabela 7.2**, ambas disponíveis no Apêndice A.

Tabela 6 – Produção mundial de veículos leves (passeio + comerciais) em 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	21.079	24.421	24.807	8,8%	33,8%
EUA	4.164	3.917	3.033	-13,6%	4,1%
Japão	7.831	7.874	8.348	3,3%	11,4%
Alemanha	5.708	5.747	5.646	-0,5%	7,7%
Índia	3.378	3.707	3.953	8,5%	5,4%
Coréia do Sul	4.135	3.860	3.735	-4,8%	5,1%
México	1.968	1.993	1.900	-1,7%	2,6%
Espanha	2.219	2.354	2.291	1,6%	3,1%
Brasil	2.019	1.778	2.269	6,2%	3,1%
Canadá	889	803	749	-7,8%	1,0%
Restante Europa	10.588	10.951	11.658	5,1%	15,9%
Restante Ásia	3.599	4.022	4.122	7,3%	5,6%
Restante África	605	674	706	8,4%	1,0%
Restante Américas	358	287	239	-16,7%	0,3%
VEÍCULOS LEVES	68.540	72.388	73.457	3,6%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Tabela 7 – Produção mundial de veículos pesados (ônibus + caminhões) em 2015-17*Em mil unidades*

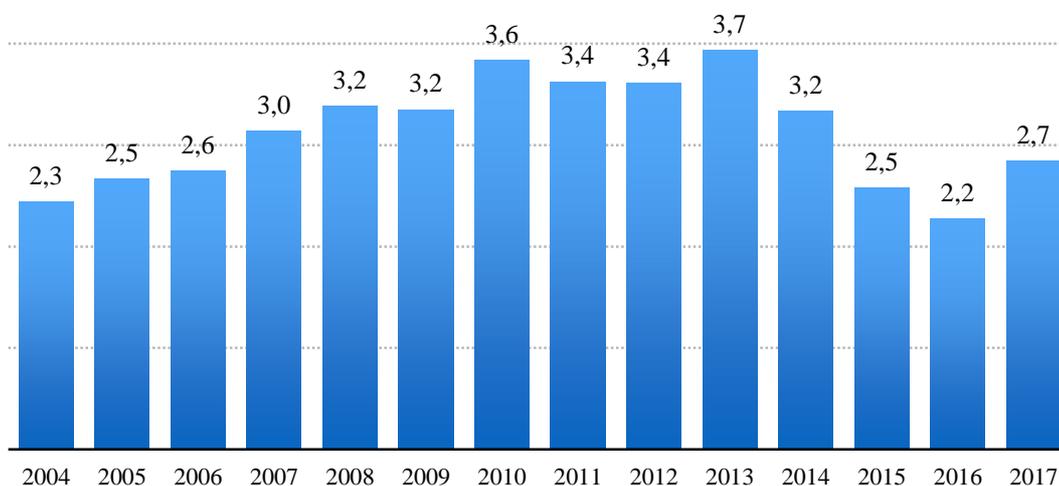
País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	1.631	1.946	2.436	24,7%	54,6%
EUA	323	260	281	-6,5%	6,3%
Japão	598	518	528	-5,9%	11,8%
Alemanha	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Índia	320	346	326	0,9%	7,3%
Coréia do Sul	112	96	100	-5,3%	2,2%
México	178	143	167	-3,0%	3,7%
Espanha	28	27	28	-0,7%	0,6%
Brasil	96	79	104	4,2%	2,3%
Canadá	14	15	20	19,5%	0,5%
Restante Europa	254	247	288	6,7%	6,5%
Restante Ásia	152	124	152	0,0%	3,4%
Restante África	43	42	29	-15,7%	0,7%
Restante Américas	8	0	0	-49,5%	0,0%
VEÍCULOS PESADOS	3.757	3.844	4.458	9,3%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

É notável também a migração que vem ocorrendo na produção do ocidente para o extremo oriente, em razão do movimento feito pelas montadoras, durante o final do século XX, rumo a países que estavam em processo de industrialização. Se considerarmos os dados, a partir de 2000, o continente asiático aumentou sua participação de 30,7% (18 milhões de unidades) para 54,2% (51 milhões de unidades), destacando-se a importância da China nessa mudança, que aumentou seu *market share* de produção de 3,5% em 2000 (2,1 milhões de unidades) para os 30% de participação em 2017.

Da mesma forma, essa indústria também apresenta relevância econômica no Brasil. Pelos dados do anuário da ANFAVEA (2017), em 2014, o setor faturou US\$ 95,5 bilhões com a venda de 3,2 milhões de unidades, representando 4,1% do PIB nacional ou 20,4% do PIB gerado pelo setor industrial. Também apresentou investimentos acumulados entre 1994 e 2012 da ordem de US\$ 68 bilhões, sendo responsável por mais de 1,5 milhões de empregos diretos e indiretos. Em 2015, foram US\$ 16,9 bilhões em exportações, em especial para Argentina (US\$ 6,7 bilhões), EUA (US\$ 1,8 bilhões) e México (US\$ 1,5 bilhões). Em relação às emissões de gases de efeito estufa, em 2016, o setor de transporte foi responsável por 9,7% de todas as emissões nacionais, com 222 milhões de toneladas de CO₂ (SEEG, 2016).

Recentemente, a indústria automotiva brasileira apresentou um processo de retração após anos de crescimento acelerado. Segundo dados da ANFAVEA (2017), entre os anos de 2004 e 2013, a produção nacional de veículos cresceu de 2,3 milhões de unidades para 3,7 milhões (crescimento anual médio de 9%), porém, desde 2013, a produção vem reduzindo constantemente, atingindo, em 2016, um total de 2,2 milhões de unidades (ou 40% menor que 2013), conforme apresentado na **Figura 7**. No ano de 2017, o setor sinalizou a retomada do crescimento da produção, atingindo as 2,7 milhões de unidades, porém as dúvidas do setor se isto se trata de uma efetiva retomada ainda continuam. Se considerarmos o conceito deecoinovação de Kemp (2010), uma revitalização da produção nacional focada nos VEs poderia colocar o setor automotivo num novo patamar tecnológico e competitivo no cenário mundial, ao mesmo tempo em que contribuiria com as reduções de emissões de CO₂.

Figura 7 – Produção anual de veículos no Brasil*Em milhões de unidades*

Fonte: ANFAVEA (2017)

3.1.3 – O mercado mundial de veículos elétricos

O mercado de VEs encontra-se em franca expansão e vem ganhando representatividade econômica nos últimos anos. O estoque global de carros elétricos ultrapassou 2 milhões de unidades em 2016, depois de atingir as 1,2 milhões em 2015. Até 2015, os EUA eram os responsáveis pela maior parte do estoque global de VEs, com 404 mil unidades, porém, em 2016, a China assumiu a liderança com 649 mil unidades (cerca de um terço do total mundial). As estimativas da IEA indicam que o estoque de veículos elétricos estará entre 9 milhões e 20 milhões em 2020, entre 40 e 70 milhões em 2025 e entre 60 e 200 milhões em 2030 (IEA, 2017).

Na **Tabela 8**, apresenta-se a evolução do estoque de veículos elétricos (PEV e PHEV) entre 2006 e 2016, com os detalhes por tipo de veículo nas **Tabelas 8.1** (PEV) e **8.2** (PHEV), disponíveis no Apêndice A.

Tabela 8 – Número total de veículos elétricos (PEV + PHEV), por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá						0,5	2,5	5,7	10,7	17,7	29,3
China				0,5	1,9	7,0	16,9	32,2	105,4	312,8	648,8
França	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	3,0	9,3	18,9	31,5	54,5	84,0
Alemanha	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	1,9	5,3	12,2	24,9	48,1	72,7
Índia			0,4	0,5	0,9	1,3	2,8	3,0	3,4	4,4	4,8
Japão				1,1	3,5	16,2	40,6	69,5	101,7	126,4	151,3
Coreia do Sul					0,1	0,2	0,9	1,5	2,8	5,9	11,2
Holanda			0,0	0,2	0,3	1,1	6,3	28,7	43,8	87,5	112,0
Noruega		0,0	0,3	0,4	3,4	5,4	9,9	20,4	44,2	84,2	133,3
Suécia						0,2	1,1	2,7	7,3	15,9	29,3
Reino Unido	0,6	1,0	1,2	1,4	1,7	2,9	5,6	9,3	24,1	48,5	86,4
EUA	1,1	1,1	2,6	2,6	3,8	21,5	74,7	171,4	290,2	404,1	563,7
Outros	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	3,3	6,9	12,8	25,4	52,6	87,5
TOTAL	2,2	2,7	5,2	7,5	16,8	64,5	182,7	388,1	715,4	1.263	2.014

Fonte: IEA (2017)

Em 2016, os registros de carros elétricos alcançaram 752 mil em todo o mundo ou 37% superior aos registros de 2015. A China foi o maior mercado consumidor de VEs, respondendo por mais de 40% dos veículos comercializados ou mais do que o dobro da quantidade vendida nos EUA. Na **Tabela 9**, é apresentada a evolução das vendas dos VEs nos países mais relevantes, entre 2006 a 2016, com os respectivos detalhamentos de vendas de PEV e PHEV nas **Tabelas 9.1** e **9.2**, disponíveis no Apêndice A.

Tabela 9 – Vendas de veículos elétricos (PEV + PHEV), por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá						0,5	2,0	3,1	5,1	7,0	11,6
China				0,5	1,4	5,1	9,9	15,3	73,2	207,4	336,0
França				0,1	0,2	2,7	6,3	9,6	12,6	23,0	29,5
Alemanha			0,1	0,0	0,2	1,6	3,4	6,9	12,7	23,2	24,6
Índia			0,4	0,2	0,4	0,5	1,4	0,2	0,4	1,0	0,5
Japão				1,1	2,4	12,6	24,4	28,9	32,3	24,7	24,9
Coreia do Sul					0,1	0,2	0,6	0,6	1,3	3,2	5,3
Holanda			0,0	0,1	0,1	0,9	5,1	22,4	15,1	43,8	24,5
Noruega		0,0	0,3	0,1	3,0	2,0	4,5	10,5	23,8	40,0	49,1
Suécia						0,2	0,9	1,6	4,7	8,6	13,4
Reino Unido	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	1,2	2,7	3,8	14,7	24,4	37,9
EUA			1,5	-0,0	1,2	17,7	53,2	96,7	118,8	113,9	159,6
Outros			0,1	0,0	0,2	2,4	3,7	5,9	12,6	27,3	34,9
TOTAL	0,3	0,5	2,5	2,3	9,3	47,7	118,2	205,4	327,3	547,2	751,6

Fonte: IEA (2017)

Considerando a representatividade da venda de VEs em comparação ao total de veículos comercializados, em 2016, a Noruega atingiu 29% de *market share*, sendo um exemplo de implantação bem-sucedida de VEs em termos de participação de mercado. Na sequência, temos a Holanda e a Suécia, com um *market share* de 6,4% e 3,4% respectivamente. Levando-se em conta países com grandes mercados consumidores de veículos, a China, a França e o Reino Unido têm um *market share* de VEs próximos a 1,5%. Na **Tabela 10**, constam o detalhamento de *market share* de vendas nos maiores mercados consumidores.

Tabela 10 – Market Share de vendas de veículos elétricos, por país

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá				0,15%	0,20%	0,29%	0,39%	0,59%
China		0,01%	0,04%	0,06%	0,09%	0,38%	0,99%	1,37%
França		0,01%	0,13%	0,34%	0,55%	0,72%	1,22%	1,46%
Alemanha		0,00%	0,05%	0,11%	0,23%	0,42%	0,72%	0,73%
Índia	0,01%	0,01%	0,02%	0,05%	0,01%	0,02%	0,04%	0,02%
Japão	0,03%	0,06%	0,35%	0,53%	0,63%	0,68%	0,58%	0,59%
Coreia do Sul			0,02%	0,04%	0,05%	0,09%	0,21%	0,34%
Holanda	0,01%	0,02%	0,16%	1,02%	5,38%	3,89%	9,74%	6,39%
Noruega	0,15%	0,31%	1,33%	3,27%	6,00%	13,71%	23,63%	28,76%
Suécia		0,00%	0,05%	0,31%	0,53%	1,44%	2,37%	3,41%
Reino Unido	0,01%	0,01%	0,06%	0,13%	0,17%	0,60%	1,11%	1,41%
EUA		0,01%	0,17%	0,44%	0,75%	0,74%	0,67%	0,91%
Outros	0,00%	0,00%	0,04%	0,06%	0,10%	0,21%	0,38%	0,52%
TOTAL	0,01%	0,01%	0,10%	0,23%	0,38%	0,54%	0,85%	1,10%

Fonte: IEA (2017)

Acompanhando o crescimento do número de VEs disponíveis no mercado, a infraestrutura de carregamento público também cresceu. Em 2016, a taxa de crescimento anual de pontos públicos de recarga disponíveis foi de 72%, maior do que a taxa de crescimento do estoque de veículos elétricos no mesmo ano (59%). Na **Tabela 11**, a seguir é apresentado a quantidade de pontos públicos de recarga. Os detalhes entre os pontos de recarga lentos (**Tabela 11.1**), que incluem carregadores de corrente alternada Level 2 (> 3,7 kW e ≤ 22 kW) e os pontos de recarga rápidos (**Tabela 11.2**), que incluem carregadores de corrente alternada 43 kW, Tesla e carregadores por indução, estão disponíveis no Apêndice A.

Tabela 11 – Quantidade de pontos públicos de recargas, por país*Em unidades*

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá				724	1.179	2.321	3.508	4.215
China						30.000	58.758	141.254
França				809	1.802	1.827	10.665	15.843
Alemanha				1.518	2.447	2.923	5.571	17.953
Índia						328	328	353
Japão	95	312	801	1.381	1.794	11.517	22.110	23.250
Coréia do Sul			62	177	292	388	938	1.825
Holanda		400	1.265	2.845	5.876	12.129	18.314	26.789
Noruega		2.801	3.123	3.746	4.655	5.434	5.987	8.157
Suécia				505	1.020	1.205	2.167	2.738
Reino Unido			1.503	2.840	5.691	7.902	9.837	12.259
EUA	420	542	4.392	13.159	16.967	22.633	31.674	40.473
Outros			1.142	5.079	7.418	10.004	17.236	27.156
TOTAL	515	4.055	12.288	32.783	49.141	108.611	187.093	322.265

Fonte: IEA (2017)

A Declaração de Paris sobre Mobilidade Elétrica e Alterações Climáticas e o Chamado para a Ação (livre tradução de *Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change and Call to Action*), anunciada na COP21, definiu o objetivo de atingir globalmente os 100 milhões de carros elétricos e 400 milhões de veículos de duas rodas até 2030 (UNFCCC, 2015). Para alcançar esse objetivo, todos os tipos de veículos com tração elétrica (veículos com baterias elétricas, híbridos *plug-in* e células de combustível, incluindo veículos de duas e três rodas, carros, comerciais leves, ônibus, caminhões e outros) precisariam representar 35% das vendas globais de veículos em 2030.

Em consequência dessa Declaração, diversos países já estabeleceram metas nacionais para a implementação dos VEs como parte de suas ambições de utilização de energia limpa e mobilidade. Em 2016, 14 países já possuíam metas oficiais para os VEs: Alemanha, Áustria, China, Coréia do Sul, Dinamarca, Espanha, EUA (em oito estados), França, Holanda, Índia, Irlanda, Japão, Portugal e Reino Unido (IEA, 2016). Considerando esses compromissos nacionais, somente esses países representariam 13 milhões de veículos elétricos em 2020 e um *market share* de estoque de aproximadamente 3% do total da frota. O detalhe das ambições nacionais dos principais mercados está presente na **Tabela 12**, abaixo:

Tabela 12 – Compromissos nacionais de quantidade de veículos elétricos

País	# de VEs em 2016 (Em mil)	Meta de VEs em 2020 (Em milhões)	Market Share da frota de veículos
Alemanha	49,2	1,0	2%
Áustria	5,3	0,2	4%
China	312,3	4,6	3%
Coréia do Sul	4,3	0,2	1%
Dinamarca	8,1	0,2	9%
Espanha	6,0	0,2	1%
EUA	101,0	1,2	2%
França	54,3	2,0	6%
Holanda	87,5	0,3	4%
Índia	6,0	0,3	1%
Irlanda	2,0	0,3	3%
Japão	126,4	1,0	2%
Portugal	2,0	0,2	5%
Reino Unido	49,7	1,6	5%
Total destes países	814,1	12,9	3%

Fonte: IEA (2016)

Da mesma forma que os países publicaram suas ambições de médio prazo para os VEs, as montadoras que atuam no setor anunciaram importantes metas de comercialização de VEs no mundo. Os principais anúncios mapeados pela IEA (2016) são:

- BMW: 0,1 milhões de vendas anuais em 2017 e entre 15 e 25% de todas as vendas do grupo em 2025;
- General Motors: 30 mil de vendas anuais em 2017;
- Daimler: 0,1 milhões de vendas anuais em 2020;
- Ford: 13 novos modelos de VEs até 2020;
- Honda: 2/3 de todas as vendas do grupo como sendo de VEs;
- Montadoras Chinesas¹: 4,52 milhões de vendas anuais em 2020;
- Renault-Nissan: 1,5 milhões de vendas totais entre 2017 e 2020;
- Tesla Motors: 0,5 milhões de vendas anuais em 2018; 1,0 milhão de vendas anuais em 2020;

¹ Considerando BYD, BJEV-BAIC JAC Motors, SAIC Motor, Great Wall Motor, GEELY Auto, Chery New Energy, Changan Automobile, GAC Group, Jiangling Motors, Lifan Auto, MIN AN Auto, Wanxiang Group, YUDO Auto, Chongqing Sokon Industrial Group, ZTE, National Electric Vehicle, LeSEE, NextEV, Chehejia, SINGULATO Motors, Ai Chi Yi Wei e WM Motor

- Volkswagen: 2-3 milhões de vendas anuais em 2025;
- Volvo: 1 milhão de vendas totais entre 2017-2025.

Como já apontado anteriormente, outro fator determinante para o contínuo crescimento dos mercados de VEs está associado à infraestrutura de recarga. Nesse âmbito, além do desafio da redução dos custos de implementação de diversos pontos de recarga para atender a essa crescente demanda, a infraestrutura de recarga deve levar em consideração que existem, hoje, quatro tipos os diferentes de *plug* de recarga. São também relevantes as características do consumidor que determinam o tempo dispendido durante a recarga (e, conseqüentemente, o tipo de ponto de recarga) e o impacto da capacidade exigida nos sistemas nacionais de energia.

Por isso, as políticas públicas nacionais e internacionais que, atualmente, estão sendo mais utilizadas no que tange à infraestrutura, vem se concentrando em cinco principais instrumentos: (1) a normatização e padronização que assegurem a interoperabilidade dos VEs nos diferentes países nos quais os veículos estão disponíveis; (2) as definições de metas de implementação dos pontos de recarga em território nacional; (3) os incentivos financeiros; (4) a regulamentação de construções e permissões de uso e, (5) investimentos diretos ou as Parcerias Público-Privada (PPPs). Essas políticas são descritas a seguir.

(1) Normas que asseguram a interoperabilidade dos pontos de recarga

Dada a importância para os condutores de VEs que operem em diferentes jurisdições, especialmente em regiões com grande fluxo internacional de veículos, como a União Europeia, a interoperabilidade da infraestrutura de recarga e os métodos de pagamento são elementos-chave para a disseminação dos VEs. O início da utilização do tipo de *plug* Combo CCS, estabelecido pela Diretiva do Parlamento Europeu 2014/94 sobre a Implantação de Infraestrutura de Combustíveis Alternativos (European Council, 2014) é um exemplo das tentativas em curso da normalização necessária para se enfrentar os obstáculos da falta de padrão tecnológico dominante e superar as barreiras físicas à interoperabilidade.

(2) Metas de implementação dos pontos de recarga

A definição de metas de implantação dos pontos de recarga também ajuda a acelerar a popularização dos VEs, garantindo aos usuários o compromisso de ampliação da oferta

atual. Segundo a IEA (2017), diversos países possuem metas públicas quanto à implementação de novas estações de recarga. Alguns exemplos:

- **China:** até 2020 pretende implantar 4,3 milhões de pontos de recarga residenciais, 0,5 milhões de pontos de recarga públicos para carros e 850 estações interurbanas de carga rápida, além de metas específicas para ônibus e táxis.
- **Coréia do Sul:** implementar 3.000 pontos de recarga rápida em todo o país até 2020 e torná-los acessíveis a todos os diferentes tipos de *plugs* de veículos elétricos em circulação no país.
- **União Europeia:** na Diretiva do Parlamento Europeu 2014/94, foi exigido que até o final de 2016 os países membros da União Europeia definissem metas de ponto de recarga para 2020. Dos países membros, destacamos a meta da França de implantar 7 milhões de pontos de recarga até 2030.

(3) Incentivos financeiros

O fornecimento de incentivos financeiros, tais como vantagens fiscais e outras formas de incentivos monetários para indivíduos, empresas e autoridades locais dispostos a investir na instalação de pontos de recarga, fazem parte da estratégia de expansão da infraestrutura de recarga. Abaixo, listamos os principais exemplos em vigor nos mercados mais relevantes de VEs mapeados por IEA (2016).

- **China:** o governo central apoia os municípios com subsídios para a construção de estações de recarga pública;
- **EUA:** a maior parte dos incentivos ocorre no nível estadual, como por exemplo, o Estado do Colorado que oferece subsídios de até 80%, nos custos de aquisição e instalação de pontos residenciais de recarga;
- **França:** crédito tributário equivalente a 30% de um carregador doméstico ou subsídios para a instalação de carregadores nos locais de trabalho.
- **Noruega:** financiamento público para estações de carregamento rápido faz parte do plano para estruturar uma ampla rede de recarga com uma distância média de 50 km nas principais rodovias do país.

- **Reino Unido:** indivíduos recebem £500 (US\$ 650) pela instalação de um carregador doméstico para VEs e as empresas têm direito a subsídios de £300 (US\$ 400) para ponto de recarga de frotas corporativas ou para a utilização de seus funcionários. Os governos locais também recebem incentivos para instalar pontos de recarga públicos em áreas residenciais.

(4) Regulamentação de construções e permissões de uso

Outra forma de estímulo governamental que vem se mostrando eficiente é a integração de uma estratégia de expansão dos pontos de recarga às regras de zoneamento para construções e ou a exploração comercial de determinados espaços. Um exemplo desse tipo de iniciativa é o decreto nacional do governo francês n° 968 de 2016, no qual foi determinado que entre 50% e 75% das vagas de estacionamento em edifícios residenciais novos ou completamente reformados devem ter conduítes pré-instalados que permitam a inserção de pontos de recarga, variando entre 7 kW e 22 kW. Já em edifícios comerciais, entre 5-10% das áreas de estacionamento devem ter conduítes adequados para instalar os pontos de recarga com uma potência nominal de pelo menos 22 kW (IEA, 2016).

(5) Investimentos diretos e parcerias público-privadas (PPPs)

Os governos nacionais estão atuando mais ativamente na implementação de pontos de recarga através de investimento direto ou por meio de PPPs. Um bom exemplo disso é um projeto nos EUA e Canadá, onde os estados da Califórnia, Oregon, Washington e Columbia Britânica estão desenvolvendo a West Coast Green Highway, uma extensa rede de estações de recarga rápida a cada 40-80 Km, ao longo de 2.500 km das principais rodovias da Costa Oeste da América do Norte. Esse projeto se trata de uma PPP na qual os custos são compartilhados pelo setor público, setor privado e usuários (West Coast Green Highway, 2017).

3.2 – Principais *stakeholders* da indústria brasileira de veículos elétricos

Para contextualizar melhor o atual momento da indústria nacional de VEs, na sequência serão apresentados os *stakeholders* envolvidos nesse setor. Analisando-se especificamente as instituições associados ao governo, assinalamos a ANEEL pelo impacto

junto ao setor de energia elétrica, tanto através de diretrizes de investimentos em PD&I quanto no processo de regulamentação dos sistemas de recarga. Já a respeito dos incentivos financeiros, é possível identificar a influência dos impostos sobre a aquisição e a manutenção dos VEs no Brasil, destacando-se o Imposto de Importação (II), o Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Verifica-se ainda que os incentivos financeiros governamentais associados a PD&I são praticamente concentrados sob a gestão da FAPESP e os financiamentos ao mercado consumidor concentrados sob a gestão do BNDES.

Durante a análise da coleta dos dados prévios desta pesquisa, foi identificado que existem duas principais iniciativas pioneiras no Brasil relacionadas aos VEs, que estão envolvidas com diversos componentes das dimensões de Políticas Públicas, PD&I das Empresas e Mercado Consumidor: (1) o Programa de Veículos Elétricos (Programa VE) da Itaipu Binacional, subsidiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), órgão subordinado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e, (2) o Projeto Emotive da CPFL Energia, que se utiliza da diretriz da ANEEL de investimentos mínimos em PD&I para o setor elétrico.

Também foi identificado um exemplo de parceria governo-empresas-universidade em PD&I, em sistemas de propulsão automotivo, que poderia ser replicada para o campo dos motores elétricos: o Centro de Pesquisas em Engenharia Professor Urbano Ernesto Stumpf da Peugeot Citroën do Brasil, financiado pela FAPESP através da criação de Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID).

Por fim, foram identificadas as montadoras que operam com VEs no mercado brasileiro, que operam principalmente com a importação de VEs e uma comercialização concentrada em nichos específicos. E que a ABVE é a associação que vem coordenando iniciativas para a popularização dos VEs no Brasil e os fóruns de discussão a respeito do tema.

3.2.1 – Os impostos que impactam os veículos elétricos

O tema relativo aos impostos é recorrente e aberto para variadas discussões. É um tema complexo que não pode e não deve ser considerado isoladamente. Apesar disso, descreve-se a seguir, ainda que brevemente, as principais características dos impostos que

afetam de forma mais significativa o desenvolvimento dos VEs no Brasil. São eles: o Imposto de Importação (II), o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA).

Imposto de Importação (II)

O Imposto de Importação (II) é uma tarifa alfandegária brasileira aplicável a qualquer produto ou serviço importado. É um imposto federal, ou seja, somente a União tem competência para instituí-lo (Art.153, I, da Constituição Federal). A alíquota utilizada depende de decreto presidencial, de maneira que o imposto deve ser obrigatoriamente instituído por Lei Ordinária Federal, mas a fixação de alíquotas pode ser realizada por ato normativo do poder executivo.

Como praticamente todos os VEs e componentes que são comercializados no mercado brasileiro são importados, o Imposto de Importação afeta diretamente o preço final do produto. O governo federal zerou o Imposto de Importação para automóveis movidos unicamente a eletricidade ou hidrogênio, que tinham alíquota de 35%, através da resolução 97/2015 publicada em 27/10/2015 pela Câmara de Comércio Exterior (Camex), órgão do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (CAMEX, 2015).

Segundo essa resolução, serão contemplados com isenção total do II automóveis montados, semidesmontados (apenas com a carroceria pronta) e totalmente desmontados, o que também facilitará a produção local desses carros em sistema CKD (as peças chegam do exterior prontas e separadas e o veículo é montado localmente). A exigência é que o motor elétrico forneça autonomia mínima de 80 Km, no qual se encontram praticamente todos os VEs, atualmente, importados no país. Desde outubro de 2014, foi estendido o escopo aos automóveis híbridos (com recarga externa ou não). Modelos com capacidade para levar até seis passageiros e munidos de motor à combustão, entre 1 e 3 litros, podem ter isenção total ou pagar tributação de 2% a 7%, de acordo com o nível de eficiência energética.

Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA)

O IPVA é um imposto anual que incide sobre a propriedade de veículos e tem como fato gerador a propriedade de um veículo automotor que exija emplacamento. É um imposto

estadual e, por isso, somente os Estados têm competência para instituí-lo de acordo com o art.º 155, III da Constituição Federal.

A alíquota utilizada como referência é determinada por cada governo estadual, com base em critério próprio. A base de cálculo é o valor venal do veículo, estabelecido pelo Estado que cobra o referido imposto. Do total arrecadado, 50% cabe ao governo estadual e 50% ao município onde ocorreu o emplacamento.

Dependendo de decretos estaduais ou municipais, considera-se o incentivo de redução da alíquota do IPVA dos VEs. Na cidade de São Paulo, através de um decreto municipal de 2015, foi regulamentado o desconto de 50% no IPVA para donos de veículos híbridos e elétricos. O incentivo será restrito aos 5 primeiros anos de tributação para veículos com valor venal igual ou inferior a R\$ 150 mil. Nesse caso, para estimular a utilização de carros não-poluentes a prefeitura devolverá ao contribuinte a parte que lhe cabe, dependendo de um requerimento do proprietário. Outros 7 Estados dão isenção de IPVA aos VEs: Piauí, Maranhão, Ceará, Sergipe, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Além de São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul que também dão desconto de 50% no imposto para esses veículos.

Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)

O IPI é um imposto que incide sobre os produtos industrializados, nacionais e internacionais, mesmo que o processo industrial seja incompleto, parcial ou intermediário. Suas disposições estão regulamentadas pelo Decreto 7.212/2010. A alíquota do IPI que incide sobre veículos leves é definida pela cilindrada do motor, porém, os VEs, por não possuírem motor à combustão, são classificados como “outros” e sobre eles incidem a maior alíquota. Como comparativo, isto faz com que o IPI seja de 7% para veículos comuns e 25% para os carros elétricos. Entretanto, no Senado Federal, está em andamento o Projeto de Lei 174/2014 que pretende conceder isenção de IPI por 10 anos para os veículos movidos a energia elétrica que sejam produzidos localmente no Mercosul (Senado, 2016).

3.2.2 – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

A ANEEL é a agência nacional reguladora do setor elétrico. Ela envolve as empresas de geração, distribuição e comercialização de energia elétrica. Foi instituída em 1996 e, hoje, está vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Entre as diversas competências da ANEEL, previstas no art. 3º da Lei nº 9.427/96, assinalamos algumas relacionadas aos VEs, entre elas:

- a) Implementar a política do governo federal para exploração de energia elétrica;
- b) Promover licitações de novas concessões e gerenciar os contratos;
- c) Fixar os critérios de cálculo das tarifas envolvidas no setor elétrico;
- d) Definir as regulamentações pertinentes à dinâmica de comercialização de energia elétrica;
- e) Estabelecer mecanismos de regulação e fiscalização do fornecimento ao consumidor;
- f) Estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação.

Com uma diretriz de 2000 que instituiu o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), a ANEEL visa estimular a PD&I no setor elétrico – algo que envolve os VEs. Nesse programa, as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia ficam obrigadas a aplicar, anualmente, um mínimo de 1% de sua Receita Ordinária Líquida (ROL) em PD&I e eficiência energética, com diferentes percentuais para cada tipo de empresa. Os projetos podem ser desenvolvidos pelas próprias empresas ou associadas às instituições de ensino e/ou pesquisa, com empresas de consultoria e com fabricantes de componentes. Cabe à ANEEL avaliar e fiscalizar a execução dos projetos para que os desembolsos realizados sejam realmente reconhecidos como parte do programa. Os detalhamentos dos percentuais de investimento por tipo de empresa constam na **Tabela 13**.

Tabela 13 – Percentuais mínimos de ROL em investimentos através do programa da ANEEL

Empresa	Pesquisa e Desenvolvimento (% do ROL)	Eficiência Energética (% do ROL)
Geração	1,00	
Transmissão	1,00	
Distribuição	0,75	0,25

Fonte: ANEEL (2012)

3.2.3 – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

Fundado em 1952, o BNDES é vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), realiza financiamentos de longo prazo para suportar todos os segmentos da economia. O apoio do BNDES ocorre por meio de financiamento a investimentos, subscrição de valores mobiliários, prestação de garantia e concessão de recursos não reembolsáveis a projetos de caráter social, cultural e tecnológico. O Banco atua por meio de produtos, programas e fundos, conforme a modalidade e a característica das operações. Com relação aos VEs, fornece diferentes instrumentos financeiros para o desenvolvimento dessa indústria, com foco em PD&I e na aquisição de veículos.

Fundo Tecnológico (FUNTEC)

O FUNTEC fornece apoio financeiro não reembolsável a projetos de pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação executados por Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) em parceria com empresas. Anualmente, são publicados editais para a seleção de projetos, com focos de atuação definidos para aquele ciclo. Em 2016, financiou projetos de desenvolvimento de sistemas destinados à eletrificação veicular, incluindo baterias e células-combustível. O financiamento é limitado a 90% do valor do projeto, não reembolsável, sendo que a empresa parceira será responsável por complementar o valor do projeto. O foco do FUNTEC é financiar projetos em estágios iniciais até atingir o processo de produção e comercialização, atuando junto a empresas com faturamento anual superior a R\$ 16 milhões. (FUNTEC, 2017).

Fundo Clima

O Programa Fundo Clima destina-se à aplicar a parcela de recursos reembolsáveis do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (ou Fundo Clima), criado pela Lei 12.114/99 e regulamentado pelo Decreto 7.343/10. O programa é composto por 10 subprogramas, dentre eles, o subprograma de Mobilidade Urbana, que apoia projetos para a fabricação de ônibus elétricos, híbridos e outros modelos com tração elétrica. Também apoia à implantação, expansão, modernização e recuperação do transporte urbano de passageiros sobre trilhos, incluindo aquisição de material rodante. O financiamento é limitado a 90% do valor do projeto, com prazo de 20 anos para projetos em ônibus e 25 anos para os demais projetos. O valor máximo de financiamento é de R\$ 30 milhões.

BNDES Finem – Eficiência Energética

É o financiamento a partir de R\$ 10 milhões para projetos voltados à redução do consumo de energia e aumento da eficiência do sistema energético nacional. Pode operar na modalidade de apoio direto (que não requer a intermediação de um agente financeiro) ou na modalidade de apoio indireto (quando a solicitação é feita por meio de uma instituição financeira credenciada), a depender do perfil do tomador do financiamento e das garantias apresentadas. Na modalidade de apoio direto, é necessária a apresentação de garantias reais (tais como, hipoteca, penhor, propriedade fiduciária, recebíveis, *etc.*) e/ou pessoais (tais como, fiança ou aval).

A participação do BNDES é limitada a 80% do valor total do projeto e de 100% dos itens financiáveis. O prazo total é determinado em função da capacidade de pagamento do empreendimento, do cliente e do grupo econômico, limitado há 20 anos. A carência pode ser de até seis meses após a entrada do projeto em operação comercial.

Programa de Sustentação do Investimento (BNDES PSI)

O BNDES PSI tem como objetivo financiar a produção e a aquisição de máquinas e equipamentos novos e de fabricação nacional. Em circular de 2015, o BNDES PSI incluiu “ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica” (BNDES, 2015). A

limitação à produção nacional restringe muito o número de financiamentos para VEs, pois tal produção ainda é praticamente inexistente no país.

Um exemplo de financiamento realizado por essa linha foi o desenvolvimento de motores elétricos pela empresa WEG, no qual a empresa recebeu apoio do Banco no valor de R\$ 7,5 milhões, equivalentes a 62,3% do investimento total (BNDES, 2011). O BNDES PSI financia até 70% do valor da aquisição, no máximo até R\$ 200 milhões por grupo econômico. Os interessados têm até 120 meses para quitar o financiamento, podendo ter carência de até 48 meses.

BNDES MPME Inovadora

O BNDES também conta com uma linha de financiamento à inovação para micro, pequenas e médias empresas (MPME), voltado para projetos de desenvolvimento de novos produtos/processos e sua introdução no mercado. Financia até R\$ 20 milhões, limitado a 90% do valor dos itens financiáveis do projeto. O prazo máximo de financiamento é de 240 meses, com carência máxima de 48 meses (BNDES, 2016).

FINAME BK Aquisição Ônibus e Caminhões

Em 2005, o BNDES aprovou a criação de novos instrumentos para financiar a compra de ônibus urbanos e caminhões no Brasil. As taxas praticadas pelo BNDES, em 2017, eram de TJLP + 2% a.a, limitados a 80% do valor da aquisição, com prazo de 120 meses e 24 meses de carência.

3.2.4 – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

A FAPESP é uma agência de fomento à pesquisa científica e tecnológica do Estado de São Paulo, ligada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. Seu orçamento anual correspondente a 1% do total da receita tributária do Estado, o que em 2015 representou aproximadamente R\$ 1,35 bilhões de reais (FAPESP, 2015). Além dos incentivos tradicionais ao meio acadêmico (bolsa de estudos, auxílio à pesquisa), a

Fundação possui três programas relevantes que podem ser aplicados no desenvolvimento das tecnologias associadas aos VEs: o CEPID, o PIPE e o PITE.

Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID)

Desde 2000, a FAPESP fomenta a criação de Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID). Até 2016, haviam 17 centros em funcionamento, com o objetivo de desenvolver pesquisas focadas nos mais variados temas. A FAPESP ainda contribui para a transferência de tecnologia e oferece atividades de extensão educacionais. O financiamento total desses centros é de aproximadamente de R\$ 1,4 bilhão, sendo R\$ 760 milhões pela FAPESP e R\$ 640 milhões em salários pagos pelas instituições sedes aos pesquisadores e técnicos.

Um desses centros está relacionado à indústria automotiva. Numa parceria firmada em 2014 entre FAPESP e Peugeot-Citroën do Brasil (PSA), foi inaugurado o Centro de Pesquisa em Engenharia Professor Urbano Ernesto Stumpf, com a cooperação da Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e o Instituto Mauá de Tecnologia (IMT). O objetivo desse CEPID é voltado ao desenvolvimento de motores de combustão interna, adaptados ou desenvolvidos especificamente para biocombustíveis. O investimento total previsto é de aproximadamente R\$ 32 milhões, distribuídos ao longo de 10 anos, sendo R\$ 8 milhões pela FAPESP, R\$ 8 milhões Pela PSA e R\$ 16 milhões em despesas operacionais e salários pagos pelas instituições de pesquisa participantes (FAPESP, 2014). Por mais que esse CEPID tenha como objetivo a pesquisa para motores à combustão com biocombustíveis, o modelo operacional desse centro pode ser replicado também para pesquisas em VEs.

Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE)

Criado em 1995, o PITE destina-se a financiar projetos de pesquisa desenvolvidos em cooperação entre instituições de ensino superior e/ou pesquisas do Estado de São Paulo com empresas localizadas no Brasil ou no exterior, utilizando-se de um sistema de cofinanciamento, no qual a FAPESP investe diretamente na instituição de pesquisa e a empresa parceira realiza um aporte com seus recursos. Como resultado, é esperado que se

contribua diretamente para a inovações tecnológicas de interesse da empresa parceira, além de facilitar a inserção de pesquisadores no ambiente corporativo.

A FAPESP fica responsável por investir até 70% do custo do projeto, não reembolsável, diretamente na instituição de pesquisa. A empresa parceira deve aportar o restante dos recursos como contrapartida. O prazo de duração do auxílio é de até 60 meses, sem a possibilidade de prorrogação (FAPESP, 2017a).

As propostas enviadas à FAPESP podem ser classificadas em 3 categorias diferentes, em função do momento da pesquisa: O PITE 1, que envolve projetos cuja fase exploratória já esteja praticamente completada, no qual a FAPESP financia até 20% do custo do projeto e a empresa parceira complementa o orçamento do projeto; o PITE 2, para projetos que tenham como objetivo desenvolver inovação com baixo risco tecnológico e de comercialização, com financiamento pela FAPESP de até 30% do custo do projeto, cabendo à empresa parceira o restante dos recursos e, o PITE 3, para projetos que tenham por objetivo desenvolver pesquisa para inovação tecnológica associada aos altos riscos tecnológicos e baixos riscos de comercialização, porém, com um potencial revolucionário de impacto da inovação decorrente, na qual o aporte da FAPESP pode ser de até 70% e a empresa parceira o restante dos custos do projeto.

Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE)

Criado em 1997, o PIPE apoia a execução de PD&I em pequenas empresas (até 250 funcionários) sediadas no Estado de São Paulo. As empresas interessadas necessitam se associar a pesquisadores acadêmicos em projetos tecnológicos, contribuindo, assim, com o desenvolvimento de um núcleo tecnológico, ao mesmo tempo, que inserem os pesquisadores no mercado corporativo (FAPESP, 2017b).

Em resumo, o programa é composto por até três fases: a primeira fase é a análise de viabilidade técnico-científica do projeto, que possui duração de até 9 meses e financia até R\$ 200 mil para cada projeto, com a empresa solicitante sendo responsável por pelo menos 2/3 do custo dessa fase. Cumprindo-se os requisitos legais e de viabilidade, o projeto é reavaliado pela FAPESP e, caso seja aprovado, dará início a segunda fase (momento de execução), com duração de até 2 anos e com financiamento de até R\$ 1 milhão por projeto, na qual a empresa deve custear 50% dos custos das atividades. Por fim, a terceira fase é o desenvolvimento

comercial/industrial dos produtos/processos derivados do programa e os recursos para essa fase devem ser obtidos pela empresa junto ao mercado ou outras agências de financiamento.

3.2.5 – Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE)

A ABVE é uma associação civil de direito privado criada, em 2006, que atua junto às autoridades e entidades empresariais relacionadas ao setor automotivo, visando incentivar o desenvolvimento e utilização de VEs. A Associação está organizada em cinco grandes segmentos e empresas:

- **Pesados** (ônibus, caminhões, máquinas agrícolas, metrô, trens, trólebus, barcos e VLT): Volvo, Mercedes-Benz, BYD, MAN e Eletra;
- **Leves** (automóveis, caminhonetes, utilitários, veículos esportivos e veículos de competição): Honda, Toyota, PSA Peugeot Citroen, Porsche, Renault e Hitech Electric;
- **Levíssimos** (motocicletas, bicicletas, diciclos, triciclos, quadriciclos, *scooters*, *skates*, patinetes, veículos de apoio a atividades esportivas, veículos de logística e empilhadeiras): Yamaha, Vela Bike, Riba Motors, WOIE, LEV, Tramontina, Wind, Dropboards, Compact Car e Cooltra;
- **Componentes** (acumuladores de energia, baterias automotivas, motores, chassis, pneus, peças, equipamentos eletrônicos, equipamentos para energia eólica e solar e para indústria ferroviária): Moura Baterias, WEG, Netec e Globaltec;
- **Infraestrutura** (geração e distribuição de energia, equipamentos de recarga, pontos de abastecimento, *smart grids*, centros universitários de pesquisa tecnológica, ambiental e de saúde pública): Bosch, ABB, Electric Mobility Brasil, Copel, Enel Brasil, UFSC, CEFET-RJ, Tele Performance, Politécnica da UFPJ, UERJ, Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), Eletrobras, CPFL Energia e EDF energia (Electricité de France).

Segundo a própria entidade (ABVE, 2018), seus principais objetivos são:

- a) Promover o desenvolvimento, a demonstração, a comercialização e a utilização de VEs no Brasil;

- b) Promover e participar de estudos e pesquisas em tecnologia veicular elétrica, inclusive na definição de padrões;
- c) Desenvolver programas de informação dirigidos à imprensa, indústria, instituições de ensino, responsáveis pela formulação e aprovação de leis e regulamentos, formadores de opinião e potenciais usuários;
- d) Atuar junto às autoridades, entidades empresariais, indústrias e possíveis usuários, visando a tomada de decisões que incentivem o desenvolvimento e o uso da tecnologia veicular elétrica;
- e) Levantar e divulgar informações sobre o mercado de veículos elétricos no Brasil e no mundo;
- f) Promover a utilização de VEs nas frotas do Poder Público, bem como nas frotas de veículos de serviços sob regime de concessão;
- g) Estimular estudos e projetos com a participação de empresas de energia, combustíveis e fabricantes de veículos;
- h) Constituir-se como fonte primária de informação sobre aspectos técnicos, políticos, educacionais e de mercado do veículo elétrico, promovendo a sua difusão pelos meios de comunicação;
- i) Representar os associados judicial ou extrajudicialmente na defesa de interesses coletivos ou individuais homogêneos, sem necessidade de autorização específica da Assembleia Geral.

3.2.6 – As Montadoras que comercializam VEs no Brasil

As principais montadoras de veículos elétricos que operam no mercado brasileiro, prioritariamente através da importação de VEs, são as seguintes:

- **BMW:** atua no mercado de VEs no Brasil através da importação dos modelos PEV i3 e PHEV i8. Desenvolve em parceria com a concessionária EDP Energia do Brasil um projeto de instalação de 6 pontos de recargas públicos na BR-116 rodovia Presidente Dutra, ligando os municípios de São Paulo e Rio de Janeiro;
- **BYD:** a montadora chinesa atualmente possui uma planta industrial em Campinas-SP que produz ônibus (modelos K9M e D9W), caminhões (o modelo T8) e também realiza a importação de veículos de passeio elétrico (modelos e5 sedã e e6 SUV

- compacto, utilizados na frota de táxi de Campinas-SP). Também vem realizando parcerias e participando de licitações para transporte público em outros países da América Latina, como Chile, Argentina, Bolívia e Colômbia;
- **Eletra:** empresa brasileira da ônibus de São Bernardo do Campo-SP. Comercializa trólebus e ônibus híbridos. Possui uma parceria com a Mitsubishi Heavy Industries e Mitsubishi Corporation para o desenvolvimento de um *e-bus* movido 100% a bateria – está em teste público na região do ABC paulista;
 - **Fiat:** participou junto com a Itaipu Binacional da produção do Fiat Palio Weekend elétrico. Também utilizou o compacto Fiat 500e para exposições e para testes no projeto;
 - **Ford:** comercializa o modelo importado Fusion Hybrid;
 - **Nissan:** trouxe o modelo Leaf para demonstrações públicas – um projeto em parceria com a Petrobras para o fornecimento de algumas unidades para taxistas em São Paulo e Rio de Janeiro;
 - **Porsche:** comercializa os modelos de luxo SUV Cayenne Hybrid e o sedã Panamera Hybrid;
 - **Renault:** opera no Brasil com os modelos sedã Fluence Z.E., o compacto Zoe e o quadriciclo Twizy. Não oferece esses veículos para o mercado de varejo, somente estão em utilização em parcerias de projetos de VEs, como no caso do Projeto Emotive da CPFL e o Projeto VE da Itaipu Binacional. Também possui parceiras para demonstrações públicas, como, com a Seguradora Porto Seguro ou com a guarda municipal de Curitiba;
 - **Tesla:** realiza a importação do Model S somente sobre encomenda;
 - **Toyota:** é o líder do mercado brasileiro em VEs, com a comercialização dos veículos híbridos Prius e Lexus, todos importados. Já anunciou o desenvolvimento do modelo Prius híbrido flex-fuel com produção no Brasil;
 - **Volvo:** opera, em fase de testes públicos, o ônibus elétrico modelo B215RH híbrido *plug-in*. No país, são 37 híbridos em circulação: 30 em Curitiba, 5 no Parque Nacional do Iguaçu, um em São Paulo (ônibus turístico) e um em Santos.

3.3 – As principais iniciativas de veículos elétricos no Brasil

Hoje, existem duas iniciativas significativas relacionadas aos VEs no Brasil, ambas coordenadas por empresas do setor elétrico: O Programa VE da Itaipu Binacional e o Projeto Emotive da CPFL Energia. Esses projetos são apresentados a seguir.

3.3.1 – O Programa de Veículos Elétricos da Itaipu Binacional

Desde 2004, vigora o pioneiro Programa de Veículos Elétricos (Programa VE), administrado pela Itaipu Binacional e a *holding* suíça Kraftwerke Oberhasli (KWO), em parceria com a Swiss MES DEA e a montadora italiana Fiat. O Programa VE obteve R\$ 30 milhões em recursos do FINEP, tendo como gestora do financiamento a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI). Além disso, também conta com recursos da Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) da FAPESP, através da parceria com a empresa Electric Dreams, para o desenvolvimento do assoalho de um veículo elétrico puro. Esse programa ainda tem o apoio de outras empresas, como a Eletrobrás, Baterias Moura, WEG, CPFL Energia e Petrobras (Itaipu, 2014).

A FINEP, empresa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, tem como missão “promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à Ciência, Tecnologia e Inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas” (FINEP, 2016). Para isso, fornece apoio financeiro reembolsável e não reembolsável, através de uma linha exclusiva relacionada aos VEs e eficiência energética veicular, promovendo iniciativas que estimulem o desenvolvimento da cadeia de valor da produção dos mesmos.

O Programa desenvolveu protótipos do modelo Palio Weekend elétrico, com autonomia de 100 Km, utilizando bateria de sódio (bateria ZEBRA), com tempo de recarga completa de 8 horas. O projeto adquiriu outros modelos de veículos que já são produzidos em série no exterior, promovendo estudos para a gradual elevação do índice de nacionalização dos componentes utilizados nos VEs. Entre eles, o compacto 500e da Fiat, o compacto para duas pessoas Twizy, o hatch Zoe e o sedã Fluence, todos da Renault e o modelo 100% elétrico i3 da BMW. Em 2014, foram iniciadas a montagem de 32 modelos Renault Twizy no país.

Nesse programa, foram avaliadas outras soluções de mobilidade elétrica. Em parceria com a Iveco (braço da Fiat para veículos pesados), foi lançado, em 2009, o Iveco Daily Elétrico cabine dupla. Em 2010, foi desenvolvido o primeiro mini-ônibus 100% elétrico do país para 17 passageiros e o primeiro ônibus híbrido (movido à eletricidade e a etanol) para 54 passageiros, que envolveu as empresas Mascarello, Weg, Mitsubishi, Euroar, Eletra, Tutto Transporti e Magneti Marelli. Em 2012, durante a conferência da ONU Rio+20, foi apresentado o utilitário Agrale Marruá Elétrico, com tração 4x4, produzido em parceria com as empresas Agrale e Stola do Brasil. Em 2015, em parceria com a ACS Aviation, foi desenvolvido o primeiro avião elétrico tripulado da América Latina, o modelo esportivo de dois lugares ACS 100 Sora.

Segundo o U.S. Department of Energy (2015), entre 68% e 72% da energia do combustível fóssil é perdida no motor de combustão interna, uma vez que esse é ineficiente na conversão de energia química do combustível em movimento, ao perder energia através de calor e do atrito do motor. Similar a isso, um estudo derivado do Projeto VE avaliou a eficiência energética dos veículos à combustão e elétricos, levando-se em consideração toda a cadeia produtiva do combustível. Em Itaipu (2010), foi comparada a eficiência energética entre um veículo a diesel e um VE pelo critério *well-to-wheel*, ou seja, partindo-se do óleo cru até se chegar ao veículo. Constatou-se que a energia útil resultante da cadeia dos VEs (composta pela refinaria, termoelétrica, rede elétricas, bateria e motor elétrico) é de 40% da energia inicial, enquanto que para a cadeia de veículos à combustão movidos a diesel (composta pela refinaria e motor à combustão) essa energia útil é de apenas 15%.

3.3.2 – O Projeto Emotive da CPFL Energia

Coordenado pela CPFL Energia, o projeto de mobilidade elétrica Emotive vem desenvolvendo uma série de estudos, desde 2013, por meio da construção de um laboratório real. O projeto conta com várias entidades executoras, entre elas, o departamento de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Daimon Energia, empresa de engenharia, com sede em São Paulo-SP, especializada em serviços de regulação, desenvolvimento de soluções em *software* e estudos e projetos de PD&I, e o CPqP (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações), uma instituição independente com sede

em Campinas-SP, fundada em 1976, a partir da Telebrás, focada em inovação com base nas tecnologias da informação e comunicação.

Além desses envolvidos também foram contratadas três empresas para realização de estudos complementares: (1) a Mob2Elettric, uma consultoria para estruturar um planejamento robusto para o desenvolvimento da mobilidade elétrica; (2) a CEIIA com a utilização de sistema de monitoramento, acompanhamento e consolidação de uso dos VEs e eletropostos, bem como a conectividade entre eletropostos e veículos e, (3) a Quorum Brasil, para entender a receptividade ao conceito de mobilidade elétrica, atributos racionais e emocionais na avaliação do conceito e do mercado potencial de VEs no Brasil.

Em resumo os principais objetivos do projeto buscavam responder os seguintes pontos:

- **Cenário de adesão:** definição de cenários de adesão e variáveis para elaboração das curvas de penetração de VEs;
- **Rede de distribuição:** determinar os impactos causados pelas conexões de VEs na rede de média e baixa tensão e na qualidade de energia;
- **Planejamento energético:** análise dos impactos da mobilidade elétrica no planejamento energético e impacto na carga do Sistema Interligado Nacional (SIN);
- **Tarifação e regulamentação:** exame do modelo de tarifação e cobrança do consumo dos VEs e regulação para essa nova forma de consumir energia;
- **Ciclo de vida dos VEs e baterias:** estudo do ciclo de vida dos VEs, sob os aspectos dos recursos naturais e energéticos e reaproveitamento das baterias ao final de sua vida útil;
- **VEs como fonte de geração distribuída:** investigação sobre os impactos da utilização dos VEs como fonte de geração distribuída para a rede de distribuição;
- **Eletropostos e pontos de recarga:** proposição de requisitos técnicos e condições mínimas de segurança para instalação dos eletropostos no Brasil;
- **Cluster da mobilidade elétrica:** análise da cadeia de valor automotiva para identificar as barreiras e oportunidades de criação de um *cluster*;
- **Estudo de viabilidade econômica:** realizar análises de viabilidade econômico-financeiras, nas perspectivas da distribuidora, sociedade e usuários;

- **Novos modelos de negócio:** identificação dos modelos de negócios possíveis para as distribuidoras e empresas do setor elétrico no Brasil.

Desde o início do projeto Emotive, foram realizadas parcerias com as empresas Natura, 3M do Brasil, Bosch, Hertz, Instituto CCR (concessionária rodoviária), Sanasa (empresa de abastecimento de água e saneamento de Campinas) e com a reitoria da UNICAMP. O papel dessas empresas parceiras era o de inserir os VEs em suas frotas, nas mesmas condições de uso de um veículo tradicional à combustão interna, para se avaliar a eficiência do VE, sua aplicabilidade no perfil de uso urbano no país, bem como os eventuais impactos provenientes de sua utilização, sejam eles técnicos, econômicos ou ambientais. Outras empresas também fazem parte do projeto, cedendo seus espaços para a instalação de eletropostos para o reabastecimento dos veículos, como o Shopping Iguatemi Campinas, Shopping Parque das Bandeiras de Campinas e a Rede Graal na rodovia Anhanguera (SP-330), no trecho entre Campinas e São Paulo, esse último sendo o primeiro corredor elétrico intermunicipal do país.

O projeto se utiliza de uma diretriz da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), que através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia ficam obrigadas a aplicar anualmente um mínimo 1% de sua Receita Ordinária Líquida (ROL) em PD&I e eficiência energética. Sob a coordenação da Diretoria de Estratégia e Inovação, o projeto possui um orçamento inicial de R\$ 21,2 milhões que serão investidos até 2018.

Os principais motivadores para o desenvolvimento do projeto foram a confluência de três fatores positivos para a inserção dos VEs no mercado nacional. O primeiro fator está relacionado ao crescente aumento no número de VEs no mundo, que segundo os dados da ZSW (2014) utilizados nesse projeto, entre 2008 e 2015, apresentou um crescimento anual médio de 123%, saindo de 2 mil unidades em 2008 para 551 mil unidades em 2015. O segundo ponto relevante foi a constatação de que diversos países desenvolvidos já definiram metas nacionais para a popularização dos VEs. Abaixo alguns exemplos dos objetivos definidos por Holanda, Alemanha, EUA e Noruega e que foram considerados na fase de planejamento do projeto Emotive:

- **Holanda:** até 2018 atingir 4.000 eletropostos, contra os 1.000 em 2014;

- **Alemanha:** atingir 1 milhão de VEs até 2020. As montadoras irão arcar com 40% do custo de desenvolvimento com o governo, fornecendo ainda entre 3-5 mil Euros em incentivos para os consumidores adquirirem veículos elétricos;
- **EUA:** até 2020, atingir 1 milhão de veículos com emissão zero;
- **Noruega:** políticas públicas que obrigam que 100% dos veículos vendidos sejam de emissão zero até 2025.

O terceiro fator diz respeito ao fato que as principais montadoras em operação no Brasil já possuem a tecnologia de VEs em operação em seus países de origem. Mesmo assim somente algumas empresas possuem no Brasil alguma ação mais intensiva relacionada aos VEs: a francesa Renault que fornece seus veículos para algumas empresas brasileiras em iniciativas piloto, as japonesas Toyota e Nissan com demonstrações públicas através de frotas de táxis em algumas capitais do país (em especial São Paulo e Curitiba), a alemã BMW com a importação dos modelos i3 (100% elétrico) e i8 (híbrido), a italiana Fiat com a parceria com a Itaipu Binacional para o desenvolvimento do Palio Weekend elétrico e a importação do modelo 500e, e a chinesa BYD com a produção de ônibus elétricos na cidade de Campinas-SP e importação de veículos 100% elétricos para serem utilizados em frotas de táxis.

O projeto Emotive da CPFL Energia desenvolve um laboratório real de mobilidade elétrica para realização dos estudos na região metropolitana de Campinas. O projeto contempla a instalação de 30 eletropostos para atender, inicialmente, os 14 veículos elétricos do projeto inseridos em frotas corporativa e operacionais, mas que também poderão atender quaisquer VEs que possuam *plug* “tipo 2”. Atualmente, a frota de veículo que vem sendo utilizada é composta dos modelos Kangoo, Fluence e Zoe da Renault, o e6 da BYD e o modelo i3 da BMW. Os eletropostos estão instalados em diferentes pontos da região metropolitana de Campinas e em outros pontos específicos, aplicando 4 tipos de recarregamento diferentes: os chamados modelos Normais (com tempo de recarga média entre 6 a 8 horas), os Semi-rápidos (1 a 2 horas), os Rápidos (30 min a 1 hora) e os Home charges (6 a 8 horas).

Na fase de planejamento do projeto, as principais preocupações estavam relacionadas principalmente a 4 tópicos: (1) a realização de estimativas para a frota veículos no Brasil (tanto os tradicionais quanto os elétricos); (2) os itens relacionados a padrões da indústria (tipo de *plug*, forma de recarga das baterias); (3) questões relacionadas a infraestrutura

energética (oferta de energia para suprir a futura demanda, compatibilidade com as configurações da rede de distribuição brasileira) e, (4) itens relacionados a prestação de serviços (segurança para instalação pública dos eletropostos, forma de cobrança pela recarga). Superadas essas fases, com as informações colhidas durante o laboratório real até dezembro de 2015, o projeto identificou os resultados relativos ao consumo de energia e ao tamanho da frota. Esses resultados são apresentados na **Tabela 14**.

Tabela 14 – Dados apurados pelo projeto Emotive até 2015

	Qtde carros	Qtde eletro- postos	Km rodados	Energia consumid a (kWh)	Consumo (kWh/km)	Custo energia	Equivalente combustível	CO ₂ evitadas (kg)
Empresa 1	6	6	69.862	11.117	0,16	R\$ 6.929	R\$ 21.657	9.151
Empresa 2	2	1	53.452	11.224	0,21	R\$ 6.958	R\$ 16.570	7.002
Empresa 3	1	1	19.759	3.556	0,18	R\$ 2.204	R\$ 6.125	2.588
TOTAL	9	8	143.073	25.957	0,18	R\$16.091	R\$ 44.352	18.742
MÉDIA			15.897	2.884	0,18	R\$1.788	R\$ 4.928	2.082

Fonte: Projeto Emotive, CPFL Energia

- **Consumo de energia:** para a comparação, inicialmente, foi assumida como premissa que um veículo roda em média 15 Km por dia a uma taxa de 10 Km por litro de combustível. Que os veículos à combustão emitem em média 0,131 Kg de CO₂ por Km (ou seja, aproximadamente 0,7T de CO₂ por ano) e que o custo por Km rodado era de R\$ 0,62 por kWh com energia elétrica e de R\$ 3,10 por litro de gasolina. Partindo-se da utilização dos veículos do laboratório real, foi possível constatar que o consumo médio de energia foi de 0,18 kWh/Km. Também foi constatado que os 9 veículos utilizados no piloto evitaram a emissão de 18.7T de CO₂ durante o período da medida. Além disso, o custo total com combustível foi reduzido em R\$ 28.261, sendo 64% inferior aos veículos à combustão.
- **Tamanho da frota:** avaliando-se fatores de mercado e o crescimento apresentado nos últimos anos, estimou-se que a frota total de veículos no Brasil seria de 71 e 92 milhões, respectivamente, para os anos de 2024 e 2031. Partindo-se disso, traçou-se dois cenários para os VEs no Brasil, um cenário denominado Básico, no qual partindo de praticamente zero em 2015, atingiria 180 mil unidades até 2024 e 4,2 milhões até 2031 e um cenário denominado Alternativo, com 1 milhão de veículos elétricos em 2024 e 10,1 milhões de unidades em 2031.

Analisando os números estimados da frota de VEs e, conseqüentemente, a perspectiva de aumento no consumo de energia elétrica, foi verificado que o impacto esperado na carga do Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia poderá ser de 0,6% a 1,6% maior até 2031, um percentual relativamente pequeno em comparação a todo o sistema. Mesmo que ainda existam uma série de fatores que possam alterar as projeções apresentadas, tanto referente a questões tecnológicas (como, por exemplo, uma melhora na eficiência energética dos VEs), como fatores de mercado (tais como, incentivos governamentais e empresariais para uma inserção acelerada dos VEs no país), a partir dos dados econômicos de consumo e da previsão da frota, pode-se também fazer uma estimativa simplificada a respeito de emissões de CO₂.

Considerando o índice médio de 0,7T de emissão de CO₂ por veículo/ano, a futura frota brasileira de VEs evitaria por ano entre 0,1 e 0,7 milhões de toneladas de CO₂, em 2024, e entre 2,9 e 7,1 milhões de CO₂, em 2031. Isso representaria uma redução em relação à frota total entre 0,3% e 1,4%, em 2024 e, entre 4,6% e 11%, em 2031. Vale ressaltar que se trata de uma estimativa somente para se ter uma ideia de grandeza, que não considera os diferentes tipos de veículos que compõem a frota nacional que apresentam significativas diferenças de emissões (por exemplo, as emissões de caminhões e ônibus em relação aos veículos de passeio).

Mesmo que a meta assumida pelo Brasil de redução de CO₂ não seja distribuída por setor, a perspectiva de crescimento prevista para a frota de veículos no país irá pressionar os outros setores a compensarem o aumento das emissões decorrente desse crescimento. A título comparativo, considerando que as emissões do setor de transporte em 2005 (o baseline da meta assumida pelo país) foram de 140 milhões de toneladas de CO₂, se aplicarmos a meta de 37% de redução, o setor deveria emitir somente 88 milhões de toneladas de CO₂ em 2025. No cenário Alternativo do projeto Emotive, no qual a frota brasileira de veículos será de 71 milhões de unidades em 2024, as emissões do setor de transporte alcançariam aproximadamente 209 milhões de CO₂ equivalente, distante ainda dessa participação teórica que o setor deveria ter.

Os resultados alcançados com o projeto Emotive da CPFL Energia, bem como dos demais projetos em andamento no país, visam estimular o debate e o planejamento de ações junto aos *stakeholders* para fomentar a mobilidade elétrica no país. De forma resumida, relacionam-se as principais expectativas dos envolvidos nas diferentes iniciativas: os órgãos

públicos (Governo Federal, Estadual, Municipal e ANEEL) encorajam investimentos no desenvolvimento da tecnologia e do mercado, assim como a regulamentação do setor para a exploração do serviço de recarga; as distribuidoras estão preocupadas em desenvolver modelos de negócios na instalação e exploração de redes de carregamentos; os fabricantes de automóveis e centros de pesquisa concentram-se no uso de tecnologias para estimular a cadeia produtiva, aproveitando-se do *know-how* disponível no exterior e, os parceiros/utilizadores concentram-se no estudo de novas alternativas para as frotas de veículos em operação no país.

4 – METODOLOGIA DE PESQUISA

A seguir serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho, bem como o *framework* de políticas públicas que norteará as entrevistas de campo e a identificação dos entrevistados acessados.

4.1 – Procedimentos Metodológicos

Este trabalho tem como principal objetivo identificar as políticas públicas relevantes para o desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil. Dada a relativa escassez de pesquisas sobre o atual estágio da indústria de VEs no Brasil, tanto a elaboração de um *framework* de análise setorial quanto às discussões sobre a influência das políticas públicas apontadas pelos principais *stakeholders* devem ser reconhecidas como de caráter exploratório. Elas são realizadas a partir de estudos de casos múltiplos.

Visando alcançar o objetivo acima, este trabalho é composto por duas etapas. Primeiramente, foi realizado um profundo levantamento bibliográfico e a consolidação de dados secundários, extraídos de relatórios corporativos, revistas especializadas e artigos acadêmicos. Essa etapa deu robustez ao *framework* base deste estudo, identificando os componentes de políticas públicas relacionados ao desenvolvimento da indústria local dos VEs.

Numa segunda etapa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os principais *stakeholders* diretamente associados a indústria brasileira de VEs, tanto em instituições públicas como privadas. Dentro desse escopo, foram considerados formuladores de políticas públicas, integrantes de centros de pesquisa, institutos, universidades, montadoras de veículos e associações do setor, além de empresas de infraestrutura energética que também são consideradas *stakeholders* dessa indústria.

Na fase das entrevistas, os respondentes foram questionados a respeito das atividades de sua instituição e sobre a percepção a respeito dos sete componentes de políticas públicas identificados na revisão bibliográfica. As questões utilizadas foram as seguintes:

- Por favor, descreva as principais atividades relacionadas aos Veículos Elétricos (VEs) desenvolvidos em sua instituição?

- Quais são os principais *stakeholders* (fornecedores, instituições, órgãos governamentais, *etc.*) envolvidos nestas atividades?
- Qual é sua opinião sobre a influência que determinadas políticas públicas podem ter sobre o desenvolvimento da indústria local de VEs:
 1. As regulamentações de inovação e ambientais têm no desenvolvimento da indústria local de VEs?
 2. Dos acordos entre os agentes, como por exemplo o acordo para redução das emissões de CO₂ da COP21?
 3. A definição dos padrões da indústria (*plugs* e estrutura de recargas, tipo de baterias...)?
 4. Os incentivos econômicos (tanto a PD&I quanto a importação/comercialização dos VEs)?
 5. As compras realizadas pelo setor público?
 6. Os programas de cooperação em pesquisas (como os ICTs)?
 7. A dinâmica de transferência e difusão do conhecimento?
 8. Alguma outra política pública relevante que impacte seus projetos?
- Em sua opinião, quais ações deveriam ser tomadas pelas instituições governamentais para fomentar de forma mais eficiente o desenvolvimento da indústria de VEs no Brasil?

Estas entrevistas, que tiveram duração média de 60 minutos. Respeitando os 9 estágios propostos por Mayring (2001), foram transcritas afim de facilitar o processo de identificação de palavras-chaves visando sistematizar os achados através de codificação de termos chaves:

- a) **Determinação do material:** seleção do material que seja importante para a solução do problema de pesquisa;

- b) **Análise da situação em que o texto foi originado:** verificar a origem dos materiais a serem analisados;
- c) **Caracterização formal do material:** examinar a forma como o material foi documentado;
- d) **Determinação da direção da análise:** determinar a direção da interpretação do material;
- e) **Diferenciação teoricamente fundamentada:** estabelecimento do vínculo entre problema e teoria;
- f) **Seleção das técnicas analíticas:**
 - sumarização em que se subtrai trechos menos relevantes ou de significados iguais;
 - explicação que procura explicar trechos contraditórios;
 - estruturação, ou seja, buscar tipos ou estruturas formais.
- g) **Definição da unidade de análise:**
 - codificação se refere ao menor elemento possível de análise;
 - contextual, o maior elemento que possibilita o enquadramento numa categoria;
 - analítica que permite passagens analisadas em sequência.
- h) **Análise do material:** a partir da técnica selecionada, sumarização, explicação e estruturação, dá-se continuidade a análise do material;
- i) **Interpretação:** compreensão e interpretação dos resultados, tendo como base as questões e objetivos da pesquisa.

Como informado anteriormente, para facilitar a aplicação da técnica de análise de conteúdo, após a realização das entrevistas, seu conteúdo foi transcrito e foram identificadas palavras-chaves ao longo do discurso de cada respondente. Tais palavras buscavam identificar grupos comuns de ideias, relacionando-as diretamente com os sete componentes de políticas públicas identificados na revisão bibliográfica e também em um grupo adicional denominado “demais considerações”. Após isso, os resultados apurados foram comparados com o *framework*, inicialmente, proposto na busca por validações dos achados bibliográficos. A **Tabela 15** contém um resumo dos processos metodológicos utilizados neste estudo.

Tabela 15 – Resumo dos procedimentos metodológicos

#	ABORDAGEM METODOLÓGICA	DESCRIÇÃO
1	Natureza	Exploratória, de estudo de casos múltiplos
2	Método	Entrevistas com especialistas do setor
3	Abordagem	Qualitativa
4	Tipo de amostra	Governos, centros de pesquisa, universidades, companhias automotivas, empresas energéticas e instituições setoriais envolvidas com os VEs
5	Coleta de dados	Revisão bibliográfica; Consolidação de dados secundários; Entrevistas semiestruturadas
6	Processamento dos dados	Escuta, transcrição e análise das entrevistas; Sistematização e análise dos dados secundários;
7	Análise dos dados	Agrupamento das principais respostas comuns; Comparação dos resultados com o <i>framework</i> inicialmente proposto

Fonte: O autor

No Apêndice B, consta o protocolo desta pesquisa, no qual são detalhadas as informações pertinentes aos procedimentos adotados durante sua execução.

Buscando responder ao objetivo específico (2), ou seja, a identificação da priorização das políticas públicas para o desenvolvimento da indústria nacional de VEs, este trabalho tem como base o Qualitative Comparative Analysis (QCA) proposto por Ragin (2014), no qual utilizando-se a frequência e ênfase dada pelos entrevistados a determinados componentes, é possível uma hierarquização de sua importância percebida.

4.2 – *Framework* base deste estudo

Um resumo do afunilamento bibliográfico utilizado neste trabalho é apresentado na **Figura 8**, partindo-se do Sistema Nacional de Inovação até chegar a dinâmica dos VEs na realidade brasileira.

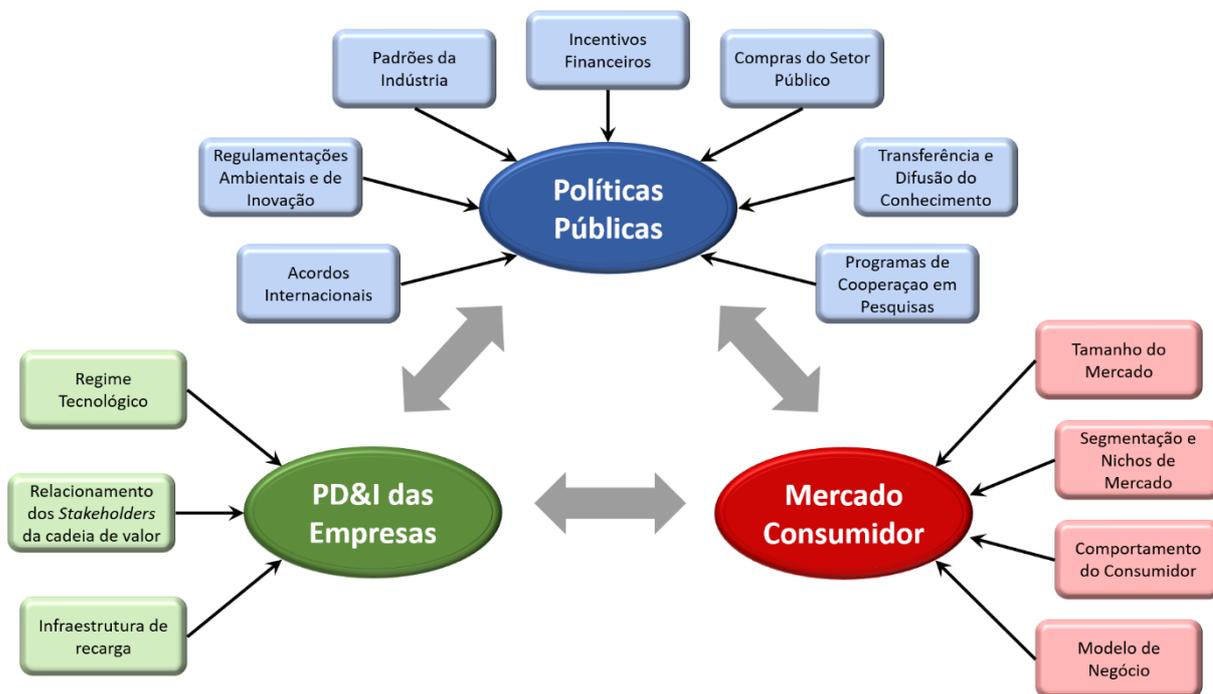
Figura 8 – Afunilamento da estrutura bibliográfica deste estudo



Fonte: O autor

Consolidando os achados, durante a revisão bibliográfica, nas três dimensões (Políticas Públicas, PD&I das Empresas e Mercado Consumidor) e nos principais componentes associados à cada dimensão, é possível estruturar um *framework* que norteará o objetivo deste trabalho, que é **discutir o papel das políticas públicas no desenvolvimento da indústria brasileira de veículos elétricos**. Considerando esse *framework* e a dinâmica do sistema setorial de inovação proposto pela ANPEI, serão analisadas as instituições envolvidas, suas responsabilidades nesse sistema setorial, seus relacionamentos associados e as políticas públicas que permeiam todos esses envolvidos. A partir disso, foi possível detectar os principais *stakeholders* da indústria brasileira de VEs e as instituições associadas, possibilitando a identificação dos respondentes as entrevistas realizadas entre os meses de julho/17 e junho/18, totalizando 12 meses. A apresentação gráfica do *framework* proposto para análise setorial é exposto na **Figura 9**.

Figura 9 – Framework completo para análise da indústria de VEs



Fonte: O autor

4.3 – Seleção dos Entrevistados

Dado o restrito número de profissionais envolvidos com a indústria brasileira de VEs, processou-se um número reduzido de entrevistas. Considerando os componentes de políticas públicas definidos na revisão bibliográfica e as instituições disponíveis no mercado brasileiro, identificou-se, ao menos, um respondente que pudesse fornecer informações satisfatórias sobre cada componente. Em diversos casos, em função do grau de envolvimento do respondente com os VEs, foi possível que ele fornecesse informações, inclusive a respeito dos componentes das dimensões de PD&I das Empresas e do Mercado Consumidor.

Também foram colhidas informações durante eventos, congressos, seminários e exposições, nos quais o tema era pertinente, dos quais se destacam o 12º Salão Latino-Americano de Veículos Elétricos, o BIN@SP - *7th International Annual Meeting of the Business & Innovation Network* e o XIX Seminários em Administração – FEA-USP (SEMEAD), todos realizados em 2016, na cidade de São Paulo e, também, o 13º Salão Latino-Americano de Veículos Híbridos-Elétricos Componentes e Novas Tecnologias e o

Fórum Brasil-Alemanha de Mobilidade Elétrica - eventos realizados em 2017, na cidade de São Paulo.

A **Tabela 16** apresenta a lista dos entrevistado, sua função e a instituição a qual está vinculado. Para facilitar a leitura dos resultados, o código de cada instituição foi agrupado por tipo de instituição, seguindo a seguinte classificação:

- **A:** associações relacionadas aos VEs;
- **E:** empresas que atuam no setor;
- **G:** órgãos governamentais;
- **J:** iniciativas de projetos piloto envolvendo os VEs no Brasil;
- **P:** institutos de pesquisa que desenvolvem ou já desenvolveram estudos sobre o tema.

Apresenta-se ainda a forma de acesso a esse entrevistado para a coleta das informações pertinentes.

A pedido da maioria dos respondentes desta pesquisa, seus nomes não serão apresentados neste trabalho.

Tabela 16 – Relação de respondentes e instituições acessados neste estudo

#	Instituição	Cargo/Função do entrevistado	Forma de acesso
A1	ABVE	Presidente	Entrevista pública
A2	ABVE	Diretor do Núcleo de Pesquisas	Entrevista presencial
A3	Clube do Carro Elétrico	Empresário fundador	Entrevista pública
E1	BMW do Brasil	Gerente de veículos elétricos	Entrevista telefônica
E2	BYD do Brasil	Diretor de Marketing	Entrevista pública
E3	Toyota do Brasil	Diretor de Relações Públicas	Entrevista pública
E4	Radar PPP	Sócio fundador	Palestra pública
E5	Eletra	Expositor	Entrevista presencial
G1	BNDES	Gerente	Palestra pública e contato pessoal
G2	ANEEL	Superintendente de Regulação dos Serviços de Distribuição	Sessão pública no Senado
G3	Prefeitura Municipal de São Paulo	Secretário de transporte	Palestra pública e contato pessoal
J1	Itaipu Binacional – Projeto VE	Coordenador de projeto	Entrevista telefônica
J2	CPFL Energia – Projeto Emotive	Gerente de Inovação	Entrevista pública
J3	CPFL Energia – Projeto Emotive	Analista do projeto	Entrevista presencial
P1	FAPESP	Diretor de Fomento a pesquisa	Palestra pública e contato pessoal
P2	Fundação Instituto em Administração (FIA)	Pesquisador	Entrevista presencial
P3	Departamento de Engenharia Mecânica. POLI-USP	Pesquisador	Entrevista pública
P4	Faculdade de Engenharia da UERJ	Pesquisador	Palestra pública e contato pessoal
P5	Centro de Pesquisas em Engenharia Professor Urbano Ernesto Stumpf	Diretor	Entrevista pública
P6	Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)	Pesquisador	Entrevista pública

Fonte: O autor

O questionário semiestruturado utilizado nas entrevistas deste trabalho está disponível também no Apêndice C.

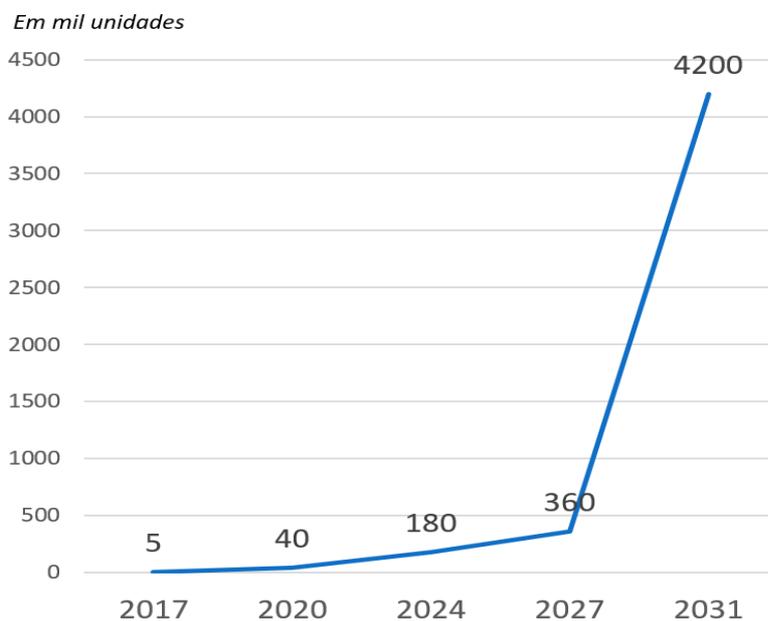
5 – RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir são uma consolidação das informações colhidas em entrevistas com envolvidos no setor de VEs no Brasil, realizadas entre os meses de julho/17 e junho/18, perfacendo 12 meses de campo. Neste trabalho, buscou-se diversas instituições, entre elas, as responsáveis por projetos pilotos relevantes para a implementação e popularização de VEs no Brasil. Foram entrevistados representantes de empresas participantes do setor que comercializam VEs no Brasil e de institutos de pesquisa que realizam ou já realizaram estudos sobre o tema. Foram acessados ainda profissionais de órgãos públicos com algum envolvimento com os VEs, tais como, o BNDES, a ANEEL e a FAPESP, além de profissionais de instituições específicas de VEs no Brasil, tais como, a ABVE e o Clube do Carro Elétrico.

Perspectivas para os VEs no Brasil

Diversos respondentes se mostraram otimistas quanto à perspectiva de popularização desses veículos nos próximos anos. As expectativas diferem entre os entrevistados, mas todos apresentam um significativo crescimento em relação ao número de VEs existentes atualmente. E1 acredita que “em 2027, a expectativa é de que haja no país 360 mil veículos elétricos e híbridos”. J3 estima que “em um cenário conservador (sem estímulos específicos), em 2024, teríamos 180 mil unidades rodando no país e 4,2 milhões em 2031”. A1 trabalha com um horizonte mais de curto prazo: “a expectativa é que entre 30 mil a 40 mil veículos verdes circulem no Brasil em 2020”. Para P2, é difícil se definir um objetivo de curto prazo, dado a falta de incentivos relevantes, “podemos estimar entre 40 mil e 300 mil unidades de VEs rodando no Brasil, a depender dos incentivos públicos que serão disponibilizados”. Para A3, a expectativa é um pouco menor “citando dados da própria Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Governo Federal, atingiremos 100 mil veículos no ano de 2026”.

Na Figura 10 é apresentada de forma gráfica as perspectivas de evolução do número de VEs no mercado brasileiro

Figura 100 – Perspectiva de evolução do mercado brasileiro de VEs

Fonte: O autor

Vantagens comparativas dos VEs

As vantagens comparativas dos VEs foram destacadas por diversos entrevistados. J1 destaca que “eles são silenciosos, econômicos, funcionam sem emitir CO₂ ou qualquer outro gás poluente. Além disso, não dependem de combustíveis fósseis”. P3 destacou a eficiência energética dos VEs em relação aos veículos à combustão: “enquanto a eficiência energética dos carros à combustão interna é de aproximadamente de 25%, nos carros elétricos ela começa em 85%, dependendo do modelo. Isso considerando também toda a cadeia energética, pois os VEs necessitam de menos conversões de energia ao longo da cadeia”.

P4 destaca que os “custos de manutenção e do consumo de energia são relativamente menores que dos veículos à combustão”. Com relação a manutenção, “se espera que a manutenção do VE seja bem mais barata, porque há redução do número de componentes”. Referente ao “reabastecimento do VE é bem mais barato que os de combustão interna e, daí, decorre uma das suas maiores vantagens, seu custo por quilômetro de eletricidade bem menor”. Já a respeito da utilização, J1 aponta que “os VEs possuem um torque alto em baixa

rotação, ou seja, conforme você acelera o torque é imediato. Além disso, o motor dificilmente dá problema e quando acontece é bem mais fácil de dar manutenção”.

E2 destaca que “os VEs normalmente possuem um sistema de frenagem regenerativa, similar ao sistema KERS da Fórmula 1, que recarrega a bateria conforme o veículo é desacelerado” e, ainda, que:

(...) nos ônibus elétricos, o impacto de utilização do ar-condicionado é menor. Enquanto que no veículo a diesel o impacto é de 20%, o elétrico consome 10% a mais. Além disso, tem menos ruído, zero emissão de poluentes e piso baixo total, o que é muito bom para a operação na cidade, sem falar no custo de manutenção do operador em média 50% menor, que precisa gerenciar estoques muito menores de peças de reposição.

G3 enfatiza a melhoria na questão da saúde: “os investimentos em ônibus elétricos vão contribuir para enfrentar os problemas vividos, principalmente por grandes cidades, tal como, São Paulo. A capital tem cerca de 4 mil mortes por ano por causa da poluição atmosférica”. A2 aponta que o transporte coletivo dos grandes centros urbanos já utiliza veículos que são elétricos: “metrô e trem são elétricos, BRT é elétrico, existem os trólebus em várias cidades. O problema é que os ônibus ainda não são elétricos e eles são os responsáveis pela maior parte das emissões urbanas do transporte. Então, faria todo o sentido investir em ônibus elétricos no curto prazo”.

Assinalaram-se outras vantagens para o mercado brasileiro em implementar os VEs em larga escala. G1 considera que “temos fatores socioeconômicos, como a redução da importação de combustíveis, o impacto positivo sobre a saúde pública e a inserção de empresas brasileiras nas cadeias produtivas. Também temos fatores ambientais, como a menor emissão local de gases e o aumento da eficiência energética”. J1 aponta que “temos uma matriz energética extremamente renovável, com geração de energia elétrica focada em hidroelétricas. Portanto, praticamente, não teríamos impactos de aumento de emissões de CO₂ se começarmos a utilizar os VEs em grande escala”. E1 informa que há potencial a ser aproveitado na cadeia de valor dos VEs, especialmente relacionados às baterias: “estamos próximos das maiores reservas de lítio do mundo e temos empresas, como a Vale com *expertise* para realizar a exploração de forma eficiente”.

Superação das desvantagens dos VEs

Merece destaque o fato de que algumas desvantagens dos VEs em comparação aos veículos à combustão vêm sendo reduzidas. Para A1, a autonomia dos veículos vem melhorando constantemente: “em relação à autonomia dos VEs, tendo como exemplo, o modelo e6 da BYD que deve ser lançado no Brasil e que já percorre 400 quilômetros com uma única carga. Sua bateria é recarregada em apenas duas horas”.

Para E1, a questão do alto custo das baterias deve ser solucionada nos próximos anos: “o custo ainda é alto porque é uma tecnologia em início de implementação. Mas, com o tempo caminha para ser mais competitiva”. Visão essa compartilhada por A2, porém, ele alerta que ainda pode existir uma dificuldade face à utilização da bateria de lítio – o padrão dominante atualmente no mundo:

(...) a curva de evolução de baterias está exponencial. Ficou um bom tempo parada na tecnologia de chumbo-ácido, mas, hoje a menina dos olhos é o lítio. Porém, todos os fabricantes nacionais trabalham com chumbo-ácido, inclusive com logística reversa e esses fabricantes ainda não têm a solução do lítio e nem parcerias internacionais.

P6 aponta que “a medida que estamos dominando a tecnologia dos VEs, o custo dos componentes tende a cair significativamente e dependeremos menos das importações”. P3 aponta que a principal desvantagem dos VEs ainda é o alcance: “com uma carga de bateria a gente não consegue percorrer a mesma distância que um veículo com combustível líquido. Mas, ao mesmo tempo, esse é o foco de PD&I da indústria nos últimos anos”. A3 afirma que a questão de autonomia não é necessariamente um problema, pois nem todos os tipos de uso requerem uma autonomia significativa: “o meu carro tem uma autonomia de 150 km. Para o uso doméstico urbano, ele me atende perfeitamente. Agora, para uma atividade de logística ou transporte, concordo que é pouca autonomia”.

J1 aponta que, por mais que o modelo dominante de baterias no mercado mundial seja a bateria de lítio, outras tecnologias podem ser consideradas:

(...) a bateria de sódio é totalmente reciclável, não possui efeito memória, ou seja, não vicia e, é totalmente segura, pois em uma batida as células de cerâmica se rompem e os componentes se neutralizam. Além disso, é uma bateria três vezes mais leve do que as baterias de chumbo-ácido, as baterias tradicionais nos veículos à combustão no Brasil.

Desafios Atuais da Indústria Brasileira de VEs

Os principais motivos apontados para que a indústria de VEs nacional ainda se encontre num estágio embrionário são: o alto preço, a falta de políticas públicas, a baixa infraestrutura de recarga e a concorrência dos setores de óleo, gás e do setor sucroalcooleiro. P3 aponta que “o Brasil tem uma matriz energética limpa e um combustível renovável líquido vantajoso, o etanol. Por isso, não temos a necessidade de incentivar a cadeia do VE com o mesmo ímpeto de Europa, China e EUA”.

G1 coloca uma reflexão relevante sobre o tema: “o PIB do setor sucroalcooleiro é de US\$ 44 bi, do setor de óleo e gás é US\$ 94 bi. Juntos eles empregam 1,5 milhões de trabalhadores. Investir nos VEs significa abandonar um investimento antes de amortizá-lo?” P2 também tem uma visão semelhante: “é uma situação complicada para um formulador de política pública propor algo que estimule os VEs, ao mesmo tempo, que pode vir a reduzir a lucratividade por exemplo da Petrobras, empresa de bilhões de dólares e da qual o Estado é o principal acionista”.

Para A3, o PRÓALCOOL teve um papel relevante na história da indústria brasileira, mas não pode ser um entrave para a evolução da indústria automotiva nacional: “foi um programa importante, que teve um ciclo no qual havia uma grave crise de petróleo. Entretanto, observando outros países, eles não consideram terra para produzir energia, mas sim para produzir alimentos”. E ainda complementa: “energia nós temos de graça, do sol e podemos inserir essa energia nos bancos de baterias, mover trens, caminhões, navios. Nós também temos a energia eólica que está bem desenvolvida no país”.

P2 questiona a questão das emissões de CO₂ relacionadas ao etanol e ao híbrido flex-fuel. Ele cita um recente estudo da Universidade de São Carlos:

Nesse estudo, foi observado que as mudanças no uso da terra associadas à expansão do cultivo de cana em áreas de pastagens, aumentam as emissões de gases de efeito estufa e que a magnitude do aumento é determinada pelo tipo de práticas de manejo do solo, da adubação com fertilizantes nitrogenados e pelas condições ambientais.

A2 destaca que o atual momento econômico do país, com queda na arrecadação, também desestimula as conversas a respeito de VEs e políticas públicas: “a gente não está num momento econômico legal; está tendo uma queda de arrecadação e, embora, o preço unitário do VE seja mais alto, o que realmente importa é quando você vai ao posto de gasolina e gasta R\$ 200 de gasolina, a arrecadação é em cima disto”.

A mesma visão é compartilhada por P4, quando ele diz que: “os VEs no Brasil dependem de políticas públicas adequadas e também de um incentivo à produção e comercialização, mesmo que de forma temporária, até atingir um nível de produção que torne o seu preço acessível”. E5 aponta que para o setor de ônibus é, praticamente, inviável se empreender localmente sem incentivos:

Ônibus são veículos normalmente caros e ônibus elétricos são mais caros ainda. Sem incentivos públicos, o operador não terá o interesse inicial de adquirir um veículo duas vezes mais caro, por mais que digam que o custo de manutenção é 70-80% menor, ele não quer tomar o risco de testar isso.

Principais Desafios Tecnológicos

Os principais desafios tecnológicos para a implementação e difusão dos VEs no Brasil são as baterias e a infraestrutura de recarga. Para P4, “as baterias são o calcanhar de Aquiles desses modelos. As atuais são pouco eficientes por conferir uma autonomia limitada aos veículos, são pesadas, caras de produzir e representam boa parte do custo do carro”. Porém, além de uma busca em melhoria de eficiência das baterias, algumas soluções inovadoras estão sendo consideradas, como por exemplo, um sistema de troca de bateria ao invés de se pensar em um sistema de recarga. J1 destaca a pesquisa prática realizada: “testamos o sistema de troca rápida de bateria em 2009, em uma viagem de 700 quilômetros ida e volta, entre Foz do Iguaçu e Assunção no Paraguai. Foram feitas seis trocas e cada troca durou dois minutos, praticamente, o tempo de se encher o tanque de combustível”.

A tecnologia da infraestrutura de recarga precisa alcançar melhores resultados que atendam as expectativas do consumidor. P2 considera que:

(...) atualmente, o tempo de recarga é um desafio, principalmente para viagens de longas distâncias. Imagine uma viagem de 450km, entre São Paulo ao Rio de Janeiro, que normalmente leva entre 5 e 6 horas: com um VE precisaria parar para recarregar a bateria duas vezes e cada parada levaria 45 minutos. Isso faria com que o tempo da viagem aumentasse no mínimo em 25%.

Uma oportunidade presente em diversos depoimentos foi a de se investir nos veículos híbridos flex-fuel. P4 entende que “um modelo com essas características faz todo o sentido no Brasil”. A2 concorda que “apoiar a hibridização flex-fuel é dar um passo adiante em termos tecnológicos. Mas, sem volumes expressivos de venda de elétricos no país, é difícil que as multinacionais autorizem investimentos em PD&I e a produção por aqui”. P5 destaca

que “criamos e dominamos a tecnologia do flex-fuel. Temos ainda a capacidade de dominar a tecnologia do híbrido flex-fuel em pouco tempo”.

E2 informa que já existe veículos híbrido flex-fuel em testes no país: “a Toyota anunciou, publicamente, que vem rodando nas estradas do Brasil – o primeiro protótipo de veículo híbrido flex-fuel e quem sabe no futuro poderemos ter a produção em escala industrial no Brasil. Porém, teremos que desenvolver também um pouco mais a cadeia de fornecedores”.

Já A3 entende que o futuro não está no híbrido flex-fuel:

Eu defendo a tese de que temos que partir para a eletrificação total. Nós já estamos atrasados, não temos no Brasil fábricas de bateria de lítio, as tecnologias que são oferecidas datam de dois séculos, a bateria de chumbo-ácido. O etanol é uma tecnologia que vem funcionando somente no Brasil.

Incentivos Financeiros

É consenso que o desenvolvimento da indústria de VEs só se dará a partir de políticas públicas, destacando-se os incentivos econômicos e a definição de padrões da indústria. Os incentivos financeiros foram as políticas públicas mais apontadas por todos os respondentes. Para A1, “a falta de política pública e de uma infraestrutura de recarga são os principais entraves à massificação desses carros no país” e sugere que algumas políticas podem ser aplicadas no país: “redução de impostos, incentivos para a compra, liberação do rodízio e do uso da faixa exclusiva de ônibus e acesso às áreas restritas da cidade são medidas que estimulam a utilização massiva desses veículos pela população, bem como influenciam sua produção no Brasil”.

A2 destaca que existem alguns incentivos financeiros:

Em São Paulo, por exemplo, o veículo híbrido é isento de rodízio e paga só 50% do IPVA, mas isso ainda é muito pouco em relação aos incentivos que esses carros recebem lá fora. Até pouco tempo, o Imposto de Importação era de 35%, agora baixou para zero no puro elétrico e vai de 4 a 7% no híbrido, dependendo da eficiência energética. Agora há uma discussão sobre o IPI, que hoje é de 25%.

E3 aponta para a evolução da visão do governo sobre os VEs: “uma antiga demanda do setor, a questão do Imposto de Importação, foi atendida depois de alguns anos de conversa”. J3 assinala que “com o anúncio da redução do Imposto de Importação, começamos a pensar em acrescentar novos VEs a nossa frota de testes”. P3 cita que “não fazia sentido o

VEs pagar a alíquota mais alta do Imposto de Importação simplesmente porque não tinham um motor à combustão e, conseqüentemente, não se enquadravam na classificação por litragem do motor”.

Para G1, existem incentivos financeiros fornecidos pelo BNDES que atuam de forma sistêmica para promover os VEs no Brasil: “o BNDES tem incentivos para a PD&I, como o FUNTEC, linhas para a produção, como o BNDES Finem e o Fundo Clima e para a comercialização dos VEs, como o PSI BK e o PSI Inovação”. J1 destaca que “o Projeto VE da Itaipu Binacional só saiu do papel porque tivemos o *funding* do FINEP”. P1 também destaca que “existem diversas linhas de fomento a PD&I que também poderiam ser utilizadas para os VEs”.

Os incentivos também devem ser pensados de forma planejada, visando o desenvolvimento efetivo da indústria local de VEs. A3 considera que esse planejamento deve levar em consideração três momentos:

Não devemos ficar limitados à importação de veículos que estão sendo produzidos em outros países. Precisamos colocar na discussão algo que contemple, num primeiro momento, a importação que entendemos ser importante, mas, talvez, num segundo momento, uma montagem CKD e, num terceiro momento, a própria produção dos veículos aqui no país.

Os incentivos financeiros também são uma demanda do setor de infraestrutura de recarga. Para J2:

Há diversos estudos que apontam que, efetivamente, a infraestrutura de recarga, principalmente no início de operação, não é rentável. Portanto, se for instalada uma infraestrutura de recarga hoje, ela vai ser subutilizada. Se se desejar fazer algum tipo de incentivo para essa infraestrutura, ele deveria limitar-se somente ao momento em que ela ainda não é rentável. No momento seguinte, a infraestrutura de recarga poderia seguir um modelo comercial e aberto a qualquer agente privado que quisesse participar.

Aponta-se ainda a necessidade de incentivos a demanda. Para E1, “se considerarmos o que aconteceu na Alemanha, com o governo fornecendo entre 3 e 5 mil Euros em incentivos para os consumidores adquirirem VEs, podemos ver que esse tipo de incentivo funciona”. G3 destaca que, nas diversas esferas governamentais (municipal, estadual e federal), cada um deve buscar fazer aquilo que de melhor está em sua alçada: “em 2015, o então prefeito de São Paulo assinou dois decretos que liberavam os VEs e híbridos do rodízio municipal e dava desconto de 50% no IPVA para esses mesmos tipos de automóveis”.

Porém, esses incentivos ainda são insuficientes e não há uma política sistêmica pensada para isso. A3 afirma que: “ainda são poucos os incentivos que facilitam a importação

dos veículos e existe muita burocracia também. Para a produção, ainda estamos enfrentando uma série de dificuldades, pois não há uma política definida nesses termos”. Também foi destacado que somente com incentivos será alcançada uma escala significativa de VEs que estimule a cadeia de valor a investir nisso. A2 assinala que “temos menos de 5 mil veículos atualmente, sendo que 90% desse total é híbrido. Para o segmento de autopeças, por exemplo, 50 mil veículos seria um volume mínimo para que pudéssemos pensar em produção local”.

E1 espera que a questão do IPI seja encaminhada em breve: “precisamos ver como ficará a situação do IPI para elétricos, esperamos que baixe dos 25% para 7%”. Já E2 aponta que a possível redução do IPI é bem-vinda, mas o texto ainda precisa ser melhorado: “a redução prevista para o IPI leva em conta, por exemplo, o peso do veículo e como a bateria equivale a metade do peso do carro, não será muito favorecido pelo IPI menor, embora a redução é sempre importante”.

Acordos Internacionais

Os acordos internacionais relacionados à redução de emissões de CO₂, como por exemplo, o tratado na COP21, podem acelerar a adoção dos VEs em território nacional. Para A1, essa dinâmica é a que mais pode estimular o desenvolvimento da indústria de VEs: “nesses acordos são definidos limites e prazos, e isso faz com que a indústria tenha que se adequar para continuar vendendo produtos”. A2 enxerga a relevância histórica das normas internacionais no direcionamento da indústria automotiva brasileira e entende que esse impacto deve acontecer também com os VEs: “com a experiência do flex-fuel, tivemos o alinhamento às normas industriais e ambientais internacionais, na questão de emissões, em média a 95g de CO₂ por km rodado e na questão de eficiência energética, com a utilização padronizada do Megajoule (MJ) para os veículos”.

Porém, quando consideramos a cadeia de valor dos VEs, há dúvidas se são significativas as vantagens ambientais. Para P4, quando é analisado o cálculo da pegada de carbono, que considera também a energia gasta na fabricação do carro e seus componentes, a vantagem dos elétricos diminui: “gasta-se muita energia na fabricação das baterias. Se essa energia é gerada por combustíveis fósseis, as emissões de CO₂ são consideráveis e a pegada global do carro elétrico se eleva”.

Definições dos Padrões da Indústria

As definições de padrões da indústria foram consideradas altamente relevantes para a maioria dos respondentes, centrados em dois pontos: a escolha do *plug* que será utilizado no Brasil e a dinâmica de infraestrutura de recarga (disponibilidade, regulamentação da cobrança e *smart grids*).

Considerando a infraestrutura de recarga, A1, A2, J1, J2, P3, E1 e A3 apontam como sendo crucial a regulamentação para que o setor dê o próximo passo, principalmente porque ainda não foram definidas as regras para a cobrança por esses serviços. Nesse ponto, J2 ressalta que:

(...) pela regulamentação da ANEEL somente as concessionárias podem cobrar por energia, já que o marco regulatório impõe restrições à execução de recarga pública de VEs por órgãos e empresas que não sejam os distribuidores de energia. Por isso, atualmente, só existem os modelo de gratuidade dos pontos de recarga.

A questão da autonomia dos veículos e dos pontos de recarga – apontada como um dos grandes desafios atuais da indústria de VEs mundial – direciona as soluções de VEs para a utilização urbana. Para A2, “o uso urbano é o que faz sentido, por vários motivos: a eficiência na estrada do VE é muito baixa, o que acaba expondo a questão da autonomia”.

Sobre os padrões dos *plugs*, J2, J3, E1, E3, P2 e P4 destacam a importância de uma padronização. E3 reforça que “ainda não temos a definição do tipo de *plug* que será o padrão no Brasil. Isso dificulta as montadores em seu planejamento operacional”. P4 concorda que “outros pontos cuja discussão julgamos interessante é que ainda não há um consenso universal do ponto de vista do tipo de conexão que se usa nos veículos. Sem isso, fica difícil saber pra onde vamos”.

Para J2, a regulamentação da infraestrutura também deve direcionar melhor a dinâmica de utilização das recargas:

A lógica do sistema é que eletropostos de recarga rápida e semi-rápida sejam instalados em locais públicos, como shopping centers, para que o usuário reabasteça o carro enquanto faz compras. Já os pontos de recarga normais devem ficar em residências, para recarregar as baterias de madrugada.

A ideia é compartilhada por P4: “durante a madrugada há mais disponibilidade para as empresas de energia atenderem essa demanda. O lógico seria usar essa energia no abastecimento de carros elétricos”.

G2 questiona a respeito do modelo operacional que deve ser aplicado no país sobre aos pontos de recarga:

(...) existem 2 modelos opostos para isso. Alguns países, como Portugal, Dinamarca, EUA, Alemanha, Holanda adotaram o modelo que um setor independente, fora do setor elétrico, é o responsável pela exploração. Outros países adotaram a questão da infraestrutura como uma competência adicional do setor elétrico, como Itália e Irlanda.

G2 ainda comenta que:

(...) a proposta de projeto de lei que transita pelo Senado, o PL Nº 65/14, que obriga as concessionárias do setor elétrico a instalarem pontos de recarga em áreas públicas, deveria considerar que o modelo ideal seria de uma atividade empresarial competitiva fora do setor elétrico e focado somente nos usuários que utilizam essa infraestrutura de recarga, ao invés de repartir para todos.

E ainda questiona: “seria justo o consumidor de energia elétrica arcar com o custo adicional de uma infraestrutura pública de recarga que será utilizada ocasionalmente, e por poucos? E esses poucos ainda são teoricamente de um poder aquisitivo maior e que vão adquirir esses VEs?”.

Para J2, a padronização de *plugs* e infraestrutura de recarga deve reduzir o custo de investimento para os envolvidos: “se hoje fossemos instalar uma infraestrutura no Brasil sem padronização, vamos ter de fazer uma infraestrutura para quatro, oito *plugs*. Se houvesse uma padronização, aí sim, poderíamos até reduzir o custo da infraestrutura”. Também foi levantada a questão de que os VEs poderiam ser usados para ajudar a equalizar o Sistema Interligado Nacional (SIN). Para J1, o conceito de *smart grid* poderia ser mais bem explorado no planejamento público para os VEs: “embora o VE não seja um produtor de energia, ele tem o potencial de funcionar como um pulmão em horários de pico, como no fim da tarde. Conectado a um eletroposto, poderia devolver à rede a energia não utilizada, suprimindo o sistema”.

Compras do Setor Público

As compras do setor público foram apontadas como sendo necessárias para iniciar o processo de popularização dos VEs no país. Nesse contexto, o setor de transporte público pode ser um ótimo nicho de mercado inicial que irá fomentar o desenvolvimento da cadeia de valor dos VEs pelo aumento da demanda direcionada. P2 sugere que o governo poderia

utilizar as compras do setor público para dar a escala inicial que a indústria de componentes de VEs precisa para garantir o atendimento à manutenção desses veículos:

Nos EUA, os correios incluíram pequenos VEs em sua frota, que vão a calçadas para fazer entregas, no meio das pessoas, e que não poluem e não fazem muito barulho. Isso foi uma forma de estimular esse tipo de veículos, o que consequentemente trouxe empresas para suprir a manutenção deles.

P3 também defende o foco em transporte coletivo e ressalta a ausência de incentivos para esse modal: “há isenção para a venda de veículos para o usuário e nenhum incentivo para o transporte coletivo. Isso é mortal para o funcionamento das cidades. E foi isso o que nós fizemos nos últimos anos”. Já P4 defende os VEs no transporte público em função de uma abordagem mais ambiental: “como 80% da poluição dos grandes centros é produzida pelos veículos pesados, a solução para se reduzir as emissões também passa por esses veículos, principalmente trabalhando na substituição do transporte coletivo movido a diesel”.

E5 também concorda com um foco inicial nos ônibus elétrico:

Ônibus tem uma maior facilidade de implementar porque depende das prefeituras incluírem isso nas exigências durante as licitações do transporte público. Mesmo que seja somente 1 ou 2 ônibus pra começar, isso já desperta o interesse da população e diminui a insegurança do operador quanto ao produto.

Segundo A2: “eu acredito bastante em transporte público, em ter mais ônibus elétricos por meio de mecanismos de licitação. Os operadores, para continuarem, precisarão ter um percentual mínimo em suas frotas”.

Programas de Cooperação em Pesquisa

Os programas de cooperação em pesquisa foram destacados por P1, P5 e P6, mencionando que existem diversas linhas de pesquisa e uma iniciativa pioneira de parceria entre o setor público, o setor privado e a universidade, que poderiam ser a base para novas iniciativas para os VEs. P1 afirma que:

O Centro de Pesquisas em Engenharia Professor Urbano Ernesto Stumpf é um caso de sucesso na cooperação em pesquisas no Brasil que tem tudo para se tornar um modelo de atuação. Nesse modelo, o setor público entra com o orçamento, reduzindo o risco do empreendimento, o setor acadêmico entra com o *know-how* de pesquisa, essencial para a PD&I e setor privado entra com o conhecimento da demanda do mercado consumidor e com a capacidade de converter os achados da pesquisa em uma entrega que atenda a essa demanda.

Para P5, a cooperação é muito mais do que simplesmente uma relação entre empresas e academia, mas uma relação de ganha-ganha entre os envolvidos:

Não se trata de fazer uma prestação de serviços para as empresas, mais do que isso, coisas da área de pesquisa que a empresa gostaria de testar, mas que são muito arriscadas de fazer em nível empresarial, são mais bem conduzidas na universidade. Além disso, a uma troca de conhecimentos entre os envolvidos no qual todos saem ganhando.

Para P6 “é indispensável promovermos mais interação entre mercado e academia, pois somente com esse trabalho em conjunto que será possível dar soluções inovadoras de forma rápida e eficiente às demandas do mercado”. Complementa ainda que algumas demandas podem ser utilizadas por outros setores:

As soluções que já aplicamos em um determinado setor, como por exemplo, a dinâmica do sistema de *roaming*, utilizado na telefônica celular, podem ser replicadas para outro setor que necessite dessa dinâmica de informações, como por exemplo, as concessionárias de energia, se o modelo de infraestrutura de recarga for coordenado por elas e haver necessidade de cobrança cruzada entre as concessionárias.

Dinâmica de Transferência e Difusão do Conhecimento

A dinâmica de transferência e difusão do conhecimento também foram destacadas, porém, com menor ênfase dos entrevistados. E2 afirma que “a transferência dessa tecnologia para o Brasil está se dando praticamente pelas próprias empresas”. E3 aponta que a transferência de tecnologia terá as empresas do setor como os principais influenciadores: “existe uma tendência global de eletrificação e as matrizes estão assumindo compromissos globais, o que envolve todas as suas afiliadas ao redor do mundo, para reduzir suas emissões. É interesse das empresas inserir veículos elétricos e híbridos no mercado brasileiro”.

Já J1 identifica que a dinâmica de difusão de conhecimento depende mais das iniciativas corporativas do que de uma política de transferência propriamente dita: “no início do projeto, em 2006, boa parte dos componentes era de importados. Já em 2014, cerca de 60% era produzido no Brasil. Agora, podemos compartilhar esse conhecimento com outras empresas”. Para P5, “o estágio atual de PD&I ainda é muito inicial. Estamos aprendendo. Após dominarmos essa tecnologia, a difusão do conhecimento deve acontecer de forma rápida”.

Para A2, o que influenciará a dinâmica de transferência da tecnologia de VEs é a definição de regras claras para o futuro dos veículos no Brasil, assim como vem sendo feitas em diversos países mais desenvolvidos nesse tema. Caso isso não aconteça em curto prazo, o país corre o risco de se tornar um mercado consumidor de tecnologias novas obsoletas:

Veículo à combustão já tem data para deixar de existir na Alemanha sem que seus custos de ferramental e componentes tenham sido devidamente amortizados. Se o nosso país não tem uma legislação clara, o que vai acontecer? Eles vão mandar esse veículo para cá, porque eles ainda poderão vender por aqui.

Regulamentações Ambientais e de Inovação

As regulamentações ambientais e de inovação também estiveram no discurso dos entrevistados, em uma medida menor e focado, principalmente nas regulamentações ambientais. P3 sugere a criação de áreas de restrição à circulação de veículos de alta emissão de gases poluentes:

Acho que também as áreas de restrição à circulação de veículos de alta emissão de gás poluente, que podem ser criadas dentro das cidades acima de 500 mil habitantes, podem ser uma evolução e uma área do desenvolvimento dos VEs no Brasil, forçando esse desenvolvimento sem impactar na venda de veículos convencionais ou de outros mercados já atuantes.

A2 aponta que:

Cabe às prefeituras, ao secretário do meio-ambiente, ao CET, definir essa espécie de zoneamento específico dentro do plano diretor para a utilização de VEs, restringindo a circulação dos veículos à combustão, similar ao modelo de Barcelona com as superilhas ou superquadras, ou até parecido com o rodízio de veículos de São Paulo.

Demais Considerações

Outras considerações foram apontadas pelos entrevistados, relacionadas à geração de energia que viriam a atender a demanda adicional por conta dos VEs. A2 acredita que essa oferta adicional virá de novos modais de energia renováveis e que também deveriam ser estimuladas:

Aerogeradores e painéis fotovoltaicos, de certa forma, estão muito ligados aos carros elétricos, ou seja, à demanda de eletricidade para esses veículos não necessariamente precisa vir das hidroelétricas que já estão estruturadas para as residências e indústrias, mas esse adicional poderá vir de uma fonte de energia renovável.

Para A1, a experiência com frotas de táxi em algumas cidades brasileiras poderia ser replicada para outros municípios: “a cidade de São Paulo adotou um programa de táxi para os veículos híbridos e elétricos. Sorocaba e Campinas também adotaram um programa de táxi verdes. O Rio de Janeiro, em parceria com a Nissan, implementou um programa com 15 VEs, durante os jogos olímpicos de 2016”. A3 aponta que a conversão do veículo à combustão para VE pode ser uma solução viável de curto prazo para frotas de táxis urbanos: “se você roda entre 100 e 120km por dia, você poderá ter o retorno do capital investido na transformação na ordem de 36 a 40 meses. Então, para a atividade de logística e transporte público é perfeitamente viável”.

Destaque-se ainda que o uso alternativo para as baterias poderia contribuir para aumentar o interesse pelos VEs. A3 acredita na utilização das baterias como energia estacionária: “a vida útil da bateria pode chegar até 30 anos. Mesmo que o carro não dure tanto tempo assim, essa bateria pode ser utilizada como uma bateria estacionária residencial”.

A2 afirma que existem oportunidades em negócios associados aos VEs que podem promover o setor, como por exemplo, a comercialização dos *Green Bond* ou títulos verdes: “somente duas empresas no Brasil já exploraram essa ideia, a JBS e a Suzano. A própria indústria automotiva poderia se beneficiar disso para conseguir captar dinheiro de uma forma mais barata”.

Alguns dos entrevistados apontaram para a necessidade de políticas que incentivem o uso coletivo dos VEs. Segundo eles, sistemas de compartilhamento podem favorecer a adoção dos VEs com o aumento do interesse público e a alteração do hábito do consumidor. Para E4, “o modelo de compartilhamento surge como instrumento inovador para reduzir o uso privado dos veículos e incentivar mobilidade urbana mais ecológica e menos centrada no transporte individual”. A2 enfatiza a questão do transporte compartilhado como um adicional que precisa ser estimulado: “o *carsharing* é uma opção promissora e trás avanços também em aplicativos, porém, isso vai exigir uma mudança do perfil do consumidor. Mas, os jovens dos grandes centros urbanos já não têm aquele desejo de possuir um veículo”.

6 – ANÁLISE

Com as informações colhidas por meio das entrevistas é possível discutir os vários depoimentos vis-à-vis a teoria previamente selecionada e com o *framework* base elaborado neste trabalho. O modelo de análise das políticas públicas para a indústria brasileira de VEs é composto por sete componente: (1) os acordos internacionais; (2) as regulamentações ambientais e de inovação; (3) os padrões da indústria; (4) os incentivos financeiros; (5) as compras do setor público; (6) as dinâmicas de transferência e de difusão do conhecimento e, (7) os programas de cooperação em pesquisa.

Sobre (1) os acordos internacionais, a sua relevância foi confirmada por alguns entrevistados, destacando, principalmente os possíveis impactos do Acordo de Paris na COP21 à questão normativa brasileira, pois são decisões que obrigam as legislações nacionais a se adequarem ao que foi determinado por esse acordo. Os entrevistados A1 e A2 foram mais assertivos sobre isso.

A respeito das (2) regulamentações ambientais e de inovação, por mais que tal componente encontre importância junto à literatura, para os respondentes elas possuem caráter peculiar, podendo-se separar em duas situações. As regulamentações ambientais foram consideradas importantes para alguns respondentes (P3 e A2), em especial se considerarmos que normas ambientais já são questões pertinentes ao setor automotivo atualmente (em particular, quando pensamos na questão de emissões, eficiência energética ou no processo de logística reversa para descarte de componentes), porém, as questões de regulamentações de inovação não foram apontadas por nenhum entrevistado.

Os (3) padrões da indústria foram apontados como um dos principais fatores que precisam ser encaminhados no atual momento da indústria nacional de VEs, principalmente no que tange à questão da infraestrutura de recarga e dos *plugs*. A1, A2, J1, J2, P3, E1 e A3 apontam que a padronização e a regulamentação dos sistemas de recarga são cruciais para que o setor dê o próximo passo, especialmente porque ainda não foram definidas as regras para a cobrança por esses serviços. Já os respondentes J2, J3, E1, E3, P2 e P4 enfatizaram a importância de uma padronização dos *plugs* de recarga, porém, com menor destaque frente à necessidade de padronização e regulamentação dos sistemas de recarga. Com a falta de definição, cria-se uma insegurança junto aos *stakeholders* relevantes, particularmente as concessionárias de energia, que ainda não estão dispostas a realizar investimentos. Também

há uma expectativa da definição referente à regulamentação do sistema de cobrança do serviço, que afeta diretamente as concessionárias.

Todos os respondentes mencionaram que (4) os incentivos econômicos são indispensáveis para o desenvolvimento da indústria nacional de VEs. Esses incentivos são comumente utilizados ao redor do mundo, porém, são pouco impactantes no mercado brasileiro. Entre esses instrumentos, destacamos: (a) os incentivos fiscais que fazem parte do conjunto de políticas econômicas que estimula determinado objetivo através da cobrança reduzida ou isenção de impostos e, (b) os incentivos diretos, seja através do financiamento direto a compra de veículos, seja através da destinação de recursos à pesquisa, envolvendo as instituições de pesquisa, montadoras de veículos e empresas do setor energético. Também é possível analisar esses incentivos pelo seu objetivo, sendo eles os incentivos à oferta, concentrados no suporte à atividade de PD&I em baterias, sistemas de controle ou nos próprios VEs e os incentivos à demanda, através dos subsídios para a compra de VEs via a redução de impostos e/ou taxas associadas à utilização do veículo ou às linhas de crédito específicas para a aquisição de veículos de grande porte ou por empresas.

Atualmente, as ferramentas disponíveis no mercado brasileiro para isso são as linhas de crédito do BNDES (tanto para PD&I quanto para a aquisição de veículos), os incentivos a pesquisa através da FAPESP, a alíquota especial do Imposto de Importação (II), o desconto no IPVA disponíveis em alguns Estados. Destacamos ainda que tramita no Congresso Nacional projetos de lei que visam diminuir alíquotas específicas do IPI para estimular a importação e produção de VEs no Brasil.

As (5) compras do setor público comprovaram-se como um componente altamente relevante para os VEs, sendo mais destacados por A2, P2, P3, P4 e E5, particularmente devido à capacidade do setor público, pelo seu tamanho, de contribuir para quebrar a inércia das montadoras e produtoras de componentes em investir num mercado inexplorado, reduzindo, assim, o risco de mercado para as empresas. Esse tipo de iniciativa foi apontada pelos respondentes como podendo ser através da compra direta de VEs e pontos de recarga para incorporação na frota pública de veículos, através do sistema de transporte público dos municípios com a inclusão dos ônibus elétricos nos requisitos das licitações ou ainda através de licenciamento diferenciado para frotas de táxi.

A questão da (6) transferência e difusão do conhecimento apresentaram dois cenários distintos. A transferência de tecnologia surgiu como sendo mais uma ação das próprias

empresas do que uma função estruturada por políticas públicas, como apontado por E2, E3 e J1. Já a difusão do conhecimento foi pouco destacada pelos entrevistados, aparentemente, em função do atual momento embrionário da indústria de VEs nacional. As informações que vieram dos respondentes (A2 e P5) surgiram após serem estimuladas. Foi mencionada a importância do domínio da tecnologia, em especial aos componentes, mas a questão de difusão pareceu ser um situação tão distante do atual momento da indústria brasileira de VEs, que tornou-se difícil para os entrevistados fazer alguma estimativa ou manifestação consistente a respeito disso.

Já (7) os programas de cooperação em pesquisas foram apontados como pertinentes ao rol de políticas públicas, em especial aos entrevistados relacionados a programas de pesquisa (instituição de fomento à pesquisa, empresas que realizam projetos pilotos e acadêmicos), no caso P1, P5 e P6. Já os entrevistados ligados às montadoras sequer mencionaram tal fato. Isto talvez tenha ocorrido em função do desenvolvimento tecnológico das grandes montadoras de automóveis, operando no Brasil, ser realizado em seus países de origem.

Resumidamente, podemos verificar que dos sete componentes identificados na revisão bibliográfica, cinco foram fortemente confirmados pelos entrevistados e dois foram parcialmente confirmados. Tal confirmação parcial se deve, principalmente, ao atual momento da indústria nacional de VEs que encontra-se em um estágio embrionário, com poucas e descentralizadas iniciativas de pesquisa, com as empresas envolvidas aguardando por melhores definições a respeito de padrões da indústria e também pleiteando maiores incentivos financeiros ou estímulos à utilização dos VEs. Na figura 11 temos o resultado gráfico da validação dos sete componentes identificados, nos quais os componentes coloridos em verde foram fortemente validados pelos entrevistados e os componentes em amarelo foram parcialmente validados.

Figura 111 – Resultado da validação do *framework* conceitual de políticas públicas



Fonte: O autor

Considerando a frequência e a ênfase nos apontamentos dos respondentes, identifica-se a existência de uma hierarquia de importância entre os sete componentes de políticas públicas, destacando-se três componentes principais. Em primeiro lugar, estão os incentivos financeiros, principalmente através da redução dos impostos que incidem sobre os VEs e impactam tanto as montadoras quanto os consumidores finais. Em segundo lugar, estão os padrões da indústria, em particular os relacionados à regulamentação dos sistemas de recarga que envolvem as concessionárias de energia elétrica que, atualmente, são as coordenadoras dos principais projetos de VEs no Brasil. E em terceiro lugar, estão as compras do setor público, considerando tanto as compras diretas, voltadas a estimular o setor de autopeças e componentes para suprir uma futura demanda de manutenção desses veículos e montagem de novos veículos, quanto as licitações nos sistemas municipais de transporte coletivo e nas frotas de táxi que podem contribuir em maior escala com a redução das emissões de CO₂ (no caso dos ônibus) e ampliar o conhecimento do consumidor a respeito dos VEs leves, através das demonstrações públicas (no caso das frotas de táxis).

Na tabela 17 temos a consolidação e hierarquização dos sete componentes com os principais tópicos apontados pelos respondentes que corroboram com o processo de confirmação destes.

TABELA 17 – Resumo dos resultados apurados durante as entrevistas

#	Componente	Principais comentários
1	Incentivos financeiros	Vitais para a indústria no Brasil e em praticamente todos os países que já desenvolveram suas indústrias locais; Poucos incentivos para aquisição de VE e PD&I. Nenhum incentivo significativo para investimentos em infraestrutura de recarga; Necessidade de se facilitar o processo de importação de automóveis, peças e tecnologias.
2	Padrões da indústria	<i>Stakeholders</i> do setor energético estão aguardando definições a respeito dos padrões da indústria para executarem seus planos para os VEs; Definição do tipo de <i>plug</i> , para que se desenvolva a rede de recarga; Regulamentação do modelo de cobrança pela recarga; Funcionamento nacional para redes <i>Smart grid</i> , ampliando os benefícios percebidos para os VEs.
3	Compras do setor público	O setor público possui alto poder mobilizador, tanto nas compras diretas, como na decisão de compras por empresas das quais o setor público é acionista relevante; Possibilidade de desenvolvimento inicial da indústria local; Sistema público de transporte (ônibus), frota de taxi e frota de veículos públicos são nichos interessantes para iniciar ações, ampliando as experiências com os VEs e o interesse público a respeito.
4	Acordos internacionais	Os acordos internacionais obrigam, em certa medida, a adequações nacionais de legislação e procedimentos; Impacto do Acordo de Paris sobre emissões de poluentes; Aderência histórica da indústria automotiva brasileira a normas internacionais de emissões.
5.1	Regulamentações ambientais	São as regulamentações de maior impacto direto no setor automotivo brasileiro; Novos limites de emissão veicular; Área de restrição de veículos (rodizio, superilha).
5.2	Regulamentações de inovação	Relevante, porém pouco presente no discurso dos entrevistados; Processos de inovação predominantemente realizado pela Matriz, que não sofrem grande influências da regulamentação de inovação brasileira.
6	Programas de cooperação em pesquisa	Necessárias para a troca de conhecimento e adequação das iniciativas baseadas em experiências internacionais para a realidade brasileira; Presente principalmente no discurso dos entrevistados advindos do setor acadêmico e das 2 maiores iniciativas de VEs no Brasil; Troca de expertises entre mercado, academia e setor público.
7	Transferência e difusão	Realizadas diretamente pelas empresas, atualmente sem grandes influências de políticas públicas nacionais

Fonte: O autor

Analisando as perspectivas da implementação dos VEs no Brasil, destacam-se cinco principais fatores que devem dificultar o seu desenvolvimento nos próximos anos:

- a) São poucos incentivos financeiros fornecidos à PD&I e ao consumo de VEs no Brasil. Na verdade, em alguns casos, temos um desincentivo financeiro, como o caso do IPI de VEs ser comparativamente maior que modelos flex-fuel comercializados no país.
- b) Uma infraestrutura inadequada para atender um crescimento dos VEs, seja pela falta de oferta de pontos para a recarga dos mesmos ou até pela expectativa de impacto de uma demanda adicional de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional.
- c) Constatação da baixa difusão e pouco conhecimento dos consumidores locais sobre os VEs. Segundo o DENATRAN (2017), em 2015, existiam aproximadamente 5 mil veículos elétricos – o que representa menos de 0,01% da atual frota nacional e, desse total, a grande maioria encontra-se em frotas corporativas. Poucas montadoras realmente comercializam seus veículos no varejo, sendo em sua maioria participantes de exposições públicas de seus modelos ou parcerias com empresas do setor elétrico e prefeituras.
- d) A relevância que a cadeia de óleo e gás e o setor sucroalcooleiro possuem no PIB nacional, o que reduz o interesse por uma economia livre de petróleo ou não utilização do etanol, visto que também impacta na dinâmica de arrecadação dos governos.
- e) A tecnologia dos VEs não está largamente disponível no país. Hoje, somente a chinesa BYD possui uma planta instalada no Brasil voltada aos VEs, com uma linha de produção de ônibus elétricos. Nesse cenário, seriam necessários grandes investimentos em PD&I ou na aquisição da tecnologia já existente no exterior. E, mesmo que a tecnologia seja disponibilizada, ainda seria dispendioso o *set-up* das linhas de produção das montadoras para se iniciar a produção em série dos VEs no país.

Da mesma forma, também pode-se enumerar cinco fatores que podem contribuir com o desenvolvimento dessa indústria no país:

- a) O país possui uma grande capacidade instalada do setor automotivo e as sucessivas quedas no número de veículos comercializados, de aproximadamente 40% nas

- vendas de veículos, entre 2013 e 2016, podem estimular as montadoras a assumir uma estratégia de inovação aplicada voltada ao atendimento de um novo nicho de mercado.
- b) As questões ambientais derivadas do Acordo de Paris na COP21 que pretende reduzir as emissões de efeito estufa. Soma-se ainda o fato que o Brasil tem uma estreita relação com a geração de energia renovável, centrada essencialmente em hidroelétricas (61% de energia elétrica produzida) que, além de mais limpa, é mais barata do que a produzida por termoelétricas.
 - c) Alguns incentivos financeiros a PD&I já estão sendo utilizados por *stakeholders* do setor, através de uma normativa da ANEEL com o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica ou o FINEP. As iniciativas pioneiras na Itaipu Binacional e na CPFL ilustram essa situação de forma efetiva.
 - d) O país encontra-se próximo das maiores reservas de lítio do mundo, um dos componentes mais importantes das baterias dos VEs, e possui empresas com larga experiência na exploração mineral.
 - e) A tecnologia de VEs já está relativamente desenvolvida e disponível em países, como os EUA, Japão, China e na União Europeia. A transferência dessa tecnologia possibilitaria menores volumes de investimentos pela indústria nacional se comparados com os necessários para o desenvolvimento da tecnologia localmente desde seus primeiros estágios.

7 – CONCLUSÕES

Partindo de uma revisão bibliográfica, foi possível identificar os principais componentes que influenciam o desenvolvimento de uma indústria inovadora, agrupado em três dimensões: as políticas públicas, a PD&I das Empresas e o mercado consumidor. Esta dissertação restringiu-se a discutir somente uma das dimensões; buscando responder a seguinte pergunta de pesquisa: **Quais são as políticas públicas determinantes para o desenvolvimento da emergente indústria de veículos elétricos no Brasil?**. Os componentes de políticas públicas identificados foram (1) os acordos internacionais; (2) as regulamentações ambientais e de inovação; (3) os padrões da indústria; (4) os incentivos financeiros; (5) as compras do setor público; (6) as dinâmicas de transferência e difusão do conhecimento e, (7) os programas de cooperação em pesquisa.

Com o resultado das entrevistas, foi possível validar o framework conceitual de políticas públicas, com pequenas considerações acerca de dois componentes: (2) as regulamentações ambientais e de inovação e (6) as dinâmicas de transferência e difusão do conhecimento. As considerações estavam associados principalmente a pouca experiência nacional sobre estes componentes em virtude do estágio embrionário no qual se encontra a indústria nacional de VEs.

Todos os especialistas entrevistados enfatizaram a necessidade de incentivos financeiros, sejam eles diretos ou indiretos para o desenvolvimento da indústria no Brasil, corroborando, dessa maneira, com o preconizado pela literatura científica revisada para a realização desta dissertação. Porém, destaca-se que a parte do componente de regulamentação de inovações não tenha tido menções espontâneas pelos entrevistados e, quando foram estimulados, demonstraram baixa concordância com esse tema. Isso pode ter ocorrido em parte pelo estágio embrionário, no qual se encontra a indústria local de VEs e pela baixa influência de regulamentações de inovação relativas ao setor. A inexistência de regulamentação e incentivos para o desenvolvimento da infraestrutura de recarga foi observada por todos os entrevistados.

Também foi possível a realização dos 4 objetivos secundários desta pesquisa, sendo eles: (1) as expectativas de crescimento do mercado brasileiro de VEs para os próximos anos, (2) as vantagens comparativas o Brasil possui que o favorece no caso de um efetivo desenvolvimento da indústria nacional de VEs, (3) os fatores que atualmente dificultam o

desenvolvimento da indústria nacional de VEs e seus principais desafios e (4) a hierarquia percebida dos componentes de políticas públicas que devem ser prioritariamente aplicadas para acelerar o desenvolvimento dos VEs no Brasil.

Esses resultados reforçam a importância de um planejamento sistêmico das políticas públicas, envolvendo todos os *stakeholders* do setor, com foco prioritário na definição dos padrões da indústria (em especial, na questão de pontos de recarga). Além dele, enfatizam a necessidade de se utilizar as compras do setor público, prioritariamente, na questão dos transportes públicos e os incentivos financeiros ao consumo via redução tributária. Dessa forma, segundo os especialistas entrevistados, é possível ampliar a atratividade dos VEs, fazendo com que o mercado brasileiro tenha uma quantidade de VEs que impulse as fabricantes de componentes a direcionarem seus esforços para a produção local desses itens e, paralelamente para que as montadoras tragam seus modelos do exterior para o mercado brasileiro ou que os desenvolvam localmente.

As principais limitações identificadas neste estudo estão relacionadas às poucas experiências práticas de VEs no Brasil e, conseqüentemente, o número reduzido de especialistas sobre o assunto. Além disso, o estudo focou somente as políticas públicas, não se aprofundou nas particularidades exclusivas da dinâmicas de PD&I das Empresas ou nas questões associadas ao mercado consumidor. Essas duas áreas que se interrelacionam com as políticas públicas foram analisadas, porém não foram enfatizadas dada à incipiência da indústria dos VEs no Brasil. De qualquer forma, o não aprofundamento via levantamentos empíricos não influenciaram os resultados da investigação.

Vale lembrar que por se tratar de um tema relativamente novo e em constante evolução, as informações colhidas durante esse período não representam a totalidade de políticas públicas, pesquisas e iniciativas privadas associadas aos VEs, seja pelo acesso aos envolvidos nesta pesquisa, seja pelas alterações de alguns componentes desta pesquisa durante sua execução, como por exemplo, alguns incentivos financeiros que tramitam em discussão legislativa e que vieram a ser aprovados e sancionados após a elaboração desta dissertação. Mas, considerando a frequência na qual apareceram, afirmamos que tais resultados representam uma visão representativa do atual momento da indústria de VEs no Brasil.

Este trabalho ainda sugere que os próximos estudos devem identificar com maior profundidade os impactos das políticas públicas relacionadas aos incentivos financeiros, aos

padrões da indústria e às compras do setor público no mercado brasileiro, visto que foram os componentes mais destacados pelos entrevistados. Outra sugestão é buscar maior aprofundamento referente as dimensões de PD&I das empresas e do mercado consumidor, visando concluir a análise geral do *framework*.

Entende-se como as principais implicações deste estudo, podemos destacar contribuições acadêmicas e de gestão estratégica. Do ponto de vista acadêmico, este trabalho contribui para a ampliação da literatura acerca de planejamento setorial e sobre os VEs, através da revisão e consolidação da literatura estado-da-arte do tema, identificando e validando os componentes chaves de políticas públicas para o efetivo desenvolvimento da indústria local de VEs. Do do ponto de vista de gestão, trata-se de um material que consolida a percepção dos principais *stakeholders* do setor quanto a indústria nacional de VEs, seus principais desafios e necessidades, servindo como material de suporte para o planejamento estratégico destes *stakeholders* para a elaboração dos planos de médio e longo prazo de atuação no mercado brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCENTURE. **The Electric Vehicle Challenge: Electric Vehicle Growth in an Evolving Market Dependent on Seven Success Factors**. 2014. Disponível em:

<https://www.accenture.com/my-en/~/_media/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Industries_15/Accenture-Electric-Vehicle-Challenge.pdf>. Acesso em 01 jun. 2018.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. 2012. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/leitura_arquivo/arquivos/Manual-PeD_REN-504-2012.pdf>. Acesso em 21 jun. 2018.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Matriz de Energia Elétrica**. 2018.

Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em 08 abr. 2018.

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). **Estatísticas**. 2017. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em 16 mar. 2018.

ANPEI (Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras).

Mapas da Inovação. 2016. Disponível em: <<http://anpei.org.br/publicacoes/mapas-da-inovacao/>>. Acesso em 03 abr. 2018.

BAHIA, L. D. e DOMINGUES, E. P. **Estrutura de inovações na indústria automobilística brasileira**. 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2678>>. Acesso em 09 fev. 2018.

BARAN, R. e LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**.

BNDES Setorial: Rio de Janeiro, n. 33, mar. 2011, p. 207-224.

BAS, T. G.; AMOROS, E. e KUNC, M. Innovation, entrepreneurship and clusters in Latin America natural resource: implication and future challenges. **Journal of technology management & innovation**, 3 (4), 2008, p. 52-65.

BEISE, M. e RENNINGS, K. Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. **Ecological economics**, 52 (1), 2006, p. 5-17.

BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). **BNDES MPME Inovadora**. 2016. Disponível em:

<[BNDES \(Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social\). **Notícias**. 2011.](http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/BNDES-MPME-Inovadora!/ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8V4WPs4eliYGPu5GwWYGjgGBhsYeQaFGFqGm-l5gjQj9IBPw64iA6oAqh1P6kUZFvs6-6fpRBYklGbqZeWn5-hFOfi6uwbq-Ab6uup55-WWJKflFifoF2VGRANiCRow!/ >. Acesso em 23 out. 2016.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Disponível em: <

https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20110728_weg>. Acesso em 26 jun. 2018.

- BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). **Programa BNDES de Sustentação do Investimento – BNDES PSI**. 2015. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/circulares/2015/15Circ001_AOI.pdf>. Acesso em 10 abr. 2018.
- BOHNSACK, R.; PINKSE, J. e KOLK, A. Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles. **Research policy**, 43 (2), 2014, p. 284-300.
- BOWER, B. e CHRISTENSEN, C. Disruptive Technologies: Catching the Wave. **Harvard Business Review**, 73 (1), 1995, p. 43–53.
- BROWN, S.; PYKE, D. e STEENHOF, P. Electric vehicles: The role and importance of standards in an emerging market. **Energy Policy**, 38(7), 2010, p. 3797-3806.
- CAMEX (Câmara de Comércio Exterior). **Notícias**. 2015. Disponível em: <<http://www.camex.gov.br/noticias/ler/item/659>>. Acesso em 20 abr. 2018.
- CASTRO, B. H. R. D., e FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**, n. 32, set. 2010, p. 267-310.
- CHAN, B. C. The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. **Proceedings of the IEEE**, 95 (4), 2007, p. 704-718.
- CHAN, C. C. 25th International Electric Vehicle Symposium. **World EV Journal**. v. 4, 2011.
- CPFL. **Projeto Emotive**. 2015. Disponível em: <<http://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/paginas/pa0060-mobilidade-eletrica.aspx>>. Acesso em 25 abr. 2018.
- DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). **Frota de veículos**. 2017. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/261-frota-2016>>. Acesso em 21 jun. 2018.
- DESMET, K. e PARENTE, S. L. Bigger is better: market size, demand elasticity, and innovation. **International Economic Review**, 51 (2), 2010, p. 319-333.
- EDLER, J. e GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation: resurrecting the demand side. **Research policy**, 36 (7), 2007, p. 949-963.
- EGCI - European Green Cars Initiative. **Multi-annual roadmap and long-term strategy**. 2008. Disponível em: <<https://egvi.eu/uploads/Modules/Publications/egci-roadmap.pdf>>. Acesso em 25 jul. 2017.
- ETZKOWITZ, H. e LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research policy**, 29 (2), 2000, p. 109-123.
- EUROPEAN COUNCIL. **Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure, European Commission**. 2014. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=en>>. Acesso em 12 mai. 2018.
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID)**. 2014. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/centro_de_pesquisa_em_engenharia_de_motores_a_biocombustiveis_e_lancado/20169/>. Acesso em 16 abr. 2018.

- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE)**. 2017b. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/pipe/sobre/>>. Acesso em 25 abr. 2018.
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE)**. 2017a. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/61>>. Acesso em 25 abr. 2018.
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). **Receitas**. 2015. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/9250>>. Acesso em 25 abr. 2018.
- FARIA, L. G. D. **A co-evolução dos elementos do sistema setorial de inovação do setor automotivo**. 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90039/faria_lgd_me_arafcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 23 abr. 2017.
- FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos). **Sobre a FINEP**. 2016. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/sobre-a-finep>>. Acesso 13 abr. 2018.
- FOLEY, A. M.; WINNING, I. J. e GALLACHÓIR, B. Ó. State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure. In: **Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)**, 2010, p. 1-6.
- FOURNIER, G.; HINDERER, H.; SCHMID, D.; SEIGN, R. e BAUMANN, M. The new mobility paradigm: transformation of value chain and business models. **Enterprise and Work Innovation Studies**, 8, 2012, p. 9-40.
- FUNTEC (Fundo Tecnológico). **Sobre o BNDES Funtec**. 2017. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-funtec!/ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8V4WPs4eliYGPu5GwWYGjgGBhsYeQaFGFqGm-l5gjQj9IBPw64iA6oAqh1P6kUZFvs6-6fpRBYklGbqZeWn5-hFJeSmpxbpppXklqcn6BdlRkQAdgbK_/](http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-funtec!/ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8V4WPs4eliYGPu5GwWYGjgGBhsYeQaFGFqGm-l5gjQj9IBPw64iA6oAqh1P6kUZFvs6-6fpRBYklGbqZeWn5-hFJeSmpxbpppXklqcn6BdlRkQAdgbK_/>)> Acesso em 23 abr. 2017.
- FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G. e CORTEZ, L. A. B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, 39 (1), 2011, p. 156-166.
- GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research policy**, 31 (8-9), 2002, p.1257-1274.
- GREEN, E. H.; SKERLOS, S. J. e WINEBRAKE, J. J. Increasing electric vehicle policy efficiency and effectiveness by reducing mainstream market bias. **Energy Policy**, 65, 2014, p. 562-566.
- HAHN, R. W. e STAVINS, R. N. Economic incentives for environmental protection: integrating theory and practice. **The American Economic Review**, 82 (2), 1992, p. 464-468.
- HIDRUE, M. K.; PARSONS, G. R., KEMPTON, W., e GARDNER, M. P. Willingness to pay for electric vehicles and their attributes. **Resource and Energy Economics**, 33 (3), 2011, p. 686-705.
- IEA (International Energy Agency). **CO2 Emissions from Fuel Combustion**. 2015. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsTrends.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2018.

IEA (International Energy Agency). **Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars**. 2016. Disponível em <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf>. Acesso em 17 jul. 2018.

IEA (International Energy Agency). **Global EV Outlook 2017. Two million and counting**. 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>>. Acesso em 04 jun. 2018.

IEDC (International Economic Development Council). **Creating the clean energy economy - Analysis of the electric vehicle**. 2013. Disponível em: <http://www.iedconline.org/clientuploads/Downloads/edrp/IEDC_Electric_Vehicle_Industry.pdf>. Acesso em 18 mar. 2018.

ITAIPU BINACIONAL. **Notícias**. 2014. Disponível em: <<https://planejamento.gov.br/cadastrros/noticias/2013/2/20/itaipu-quer-desenvolver-cadeia-do-carro-eletrico>>. Acesso em 21 abr. 2018.

ITAIPU BINACIONAL. **Projeto VE. Ações e resultados**. 2010. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/Oficina_VeiculosEletricos_Itaipu.pdf>. Acesso em 14 mai. 2018.

JANSSON, J.; MARELL, A. e NORDLUND, A. Green consumer behavior: determinants of curtailment and eco-innovation adoption. **Journal of consumer marketing**, 27(4), 2010, p. 358-370.

JOLLER, L. e VARBLANE, U. Learning from an electromobility living lab: Experiences from the Estonian ELMO programme. **Case studies on transport policy**, 4 (2), 2016, p. 57-67.

KEMP, R. Eco-Innovation: definition, measurement and open research issues. **Economia política**, 27 (3), 2010, p. 397-420.

KLEY, F.; LERCH, C. e DALLINGER, D. New business models for electric cars: a holistic approach. **Energy policy**, 39 (6), 2011, p. 3392-3403.

KOSCHATZKY, K. Innovation networks of industry and business-related services: relations between innovation intensity of firms and regional inter-firm cooperation. **European Planning Studies**, 7 (6), 1999, p. 737-757.

LANGBROEK, J. H.; FRANKLIN, J. P., e SUSILO, Y. O. The effect of policy incentives on electric vehicle adoption. **Energy Policy**, 94, 2016, p. 94-103.

LEURENT, F. e WINDISCH, E. Triggering the development of electric mobility: a review of public policies. **European Transport Research Review**, 3(4), 2011, p. 221-235.

LÉVAY, P. Z.; DROSSINOS, Y., e THIEL, C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. **Energy Policy**, 105, 2017, p. 524-533.

LU, C.; RONG, K.; YOU, J. e SHI, Y. Business ecosystem and stakeholders' role transformation: Evidence from Chinese emerging electric vehicle industry. **Expert Systems with applications**, 41(10), 2014, p. 4579-4595.

LUNDEVALL, B. A. **National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

MALERBA, F. e ORSENIGO, L. (1996). Technological regimes and firm behaviour. In: **Organization and strategy in the evolution of the enterprise**. London: Palgrave Macmillan, 1996, p. 42-71.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research policy**, 31(2), 2002, p. 247-264.

MALLETTE, M. e VENKATARAMANAN, G. Financial incentives to encourage demand response participation by plug-in hybrid electric vehicle owners. In: **Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)**, IEEE, sept. 2010, p. 4278-4284.

MANZETTI, S. e MARIASIU, F. Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 51, 2015, p.1004-1012.

MASIERO, G.; OGASAVARA, M. H.; JUSSANI, A. C., e RISSO, M. L. Electric vehicles in China: BYD strategies and government subsidies. **RAI Revista de Administração e Inovação**, 13 (1), 2016, p. 3-11.

MASIERO, G.; OGASAVARA, M. H.; JUSSANI, A. C., e RISSO, M. L. The global value chain of electric vehicles: A review of the Japanese, South Korean and Brazilian cases. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 80, 2017, p. 290-296.

MAYRING, P. Combination and integration of qualitative and quantitative analysis. In: **Fórum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research**, vol. 2, no. 1, 2001. Disponível em: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/967>. Acesso em 14 mar. 2018.

MAZON, M. T.; CONSONI, F. L. e QUINTÃO, R. Perspectivas para a implantação do veículo elétrico no Brasil: uma análise a partir do Sistema Nacional de Inovação e das redes colaborativas de C&T. In: **Congresso da Associação Latino-Americana de Gestão de Tecnologia**, 2013, vol. 1, p. 4140-4155. Disponível em: http://www.altec2013.org/programme_pdf/794.pdf. Acesso em 14 mar. 2018.

McKINSEY & COMPANY. **Automotive revolution - perspective towards 2030. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry**. 2016. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry>. Acesso em 28 mar. 2018.

McKINSEY & COMPANY. **Electrifying cars: How three industries will evolve**. 2009. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-cars-how-three-industries-will-evolve>. Acesso em 18 fev. 2018.

MELITZ, M. J. e OTTAVIANO, G. I. Market size, trade, and productivity. **The review of economic studies**, 75 (1), 2008, p. 295-316.

MELLO, A. M.; MARX, R. e SOUZA, A. Exploring scenarios for the possibility of developing design and production competencies of electrical vehicles in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, 13 (3), 2013, p. 289-314.

MICARI, S.; POLIMENI, A.; NAPOLI, G.; ANDALORO, L. e ANTONUCCI, V. Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 80, 2017, p. 98-108.

- MORRISSEY, P.; WELDON, P. e O'MAHONY, M. Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour. **Energy Policy**, 89, 2016, p. 257-270.
- MORROW, K.; KARNER, D. e FRANCFORT, J. Plug-in hybrid electric vehicle charging infrastructure review. **US Department of Energy-Vehicle Technologies Program**, 34, 2008. Disponível em: <http://www.electrictechologycenter.com/pdf/phevInfrastructureReport08.pdf>. Acesso em 26 abr. 2018.
- NELSON, R. R. (ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. London: Oxford University Press, 1993.
- OCKWELL, D. G.; WATSON, J.; MACKERRON, G., PAL, P. e YAMIN, F. Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries. **Energy Policy**, 36 (11), 2008, p. 4104-4115.
- OICA (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles). **Production Statistics**. 2017. Disponível em: < <http://www.oica.net/category/production-statistics/>>. Acesso em 26 abr. 2018.
- OLTRA, V. e SAINT JEAN, M. Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry. **Technological Forecasting and Social Change**, 76 (4), 2009, p. 567-583.
- ONU (Organizações das Nações Unidas). **Acordo de Paris na COP21**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>>. Acesso em 23 abr. 2018.
- PORTER, M.E. **The Competitive Advantage of Nations**. Macmillan: London and Basingstoke, 1990.
- PORTER, M.E. e VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **The journal of economic perspectives**, 9 (4), 1995, p. 97-118.
- RAGIN, C. C. **The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies**. Univ of California Press, 2014.
- RITTER, T. e GEMÜNDEN, H. G. Network competence: Its impact on innovation success and its antecedents. **Journal of business research**, 56 (9), 2003, p. 745-755.
- SAN ROMÁN, T. G., MOMBER, I., ABBAD, M. R. e MIRALLES, Á. S. Regulatory framework and business models for charging plug-in electric vehicles: Infrastructure, agents, and commercial relationships. **Energy policy**, 39 (10), 2011, p. 6360-6375.
- SEEG (Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa). **Emissões por atividade econômica**. 2016. Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/economic_activity>. Acesso em 20 mai. 2018.
- SENADO. **Projeto de Lei do Senado (PLS) 415/2012**. 2016. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/09/09/isencao-de-ipi-para-veiculos-eletricos-esta-na-pauta-da-comissao-de-meio-ambiente>>. Acesso em 20 abr. 2018.
- SIERZCHULA, W., BAKKER, S., MAAT, K. e VAN WEE, B. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. **Energy Policy**, 68, 2014, p. 183-194.

TUTTLE, D. P. e BALDICK, R. The evolution of plug-in electric vehicle-grid interactions. **IEEE Transactions on Smart Grid**, 3(1), 2012, p. 500-505.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Consumer energy center**. 2015. Disponível em: <<http://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>>. Acesso em 18 fev. 2018.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral Commodity Summaries 2016: Lithium**. 2016 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3133/70140094>>. Acesso em 20 abr. 2018.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Paris declaration on electro-mobility and climate change & call to action**. 2015. Disponível em: <<https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>>. Acesso em 14 jun. 2018.

VAZ, L. F. H., BARROS, D. C. e CASTRO, B. H. R. D. **Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento**. 2010. BNDES Setorial: Rio de Janeiro. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4284/1/BS_41_Veiculos híbridos e elétricos_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4284/1/BS_41_Veiculos_hibridos_e_eltricos_P.pdf)>. Acesso em 01 mai. 2018.

VELLOSO, J. P. D. R. Estratégia de implantação do carro elétrico no Brasil. In: **CADERNOS FORUM 10**. Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Rio de Janeiro, 2010.

WEST COST GREEN HIGHWAY (2017). **About**. Disponível em: <http://www.westcoastgreenhighway.com/>. Acesso em 18 fev. 2018.

YOUNG, O.R. **The effectiveness of international environmental regimes: Causal connections and behavioral mechanisms**. Cambridge: Massachusetts Technology, 1999.

ZHANG, X., XIE, J., RAO, R. e LIANG, Y. Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries. **Sustainability**, 6 (11), 2014, p. 8056-8078.

ZHOU, Y., WANG, M., HAO, H., JOHNSON, L. e WANG, H. Plug-in electric vehicle market penetration and incentives: a global review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, 20(5), 2015, p. 777-795.

ZSW. Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff-Forschung. 2014. **News**. Disponível em: <<https://www.zsw-bw.de/en/newsroom/news/news-detail/news/detail/News/number-of-electric-cars-worldwide-climbs-to-13-million.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

APÊNDICES

Apêndice A – Tabelas complementares

Tabela 6.1 – Produção mundial de veículos de passeio em 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	21.079	24.421	24.807	8,8%	33,8%
EUA	4.164	3.917	3.033	-13,6%	4,1%
Japão	7.831	7.874	8.348	3,3%	11,4%
Alemanha	5.708	5.747	5.646	-0,5%	7,7%
Índia	3.378	3.707	3.953	8,5%	5,4%
Coréia do Sul	4.135	3.860	3.735	-4,8%	5,1%
México	1.968	1.993	1.900	-1,7%	2,6%
Espanha	2.219	2.354	2.291	1,6%	3,1%
Brasil	2.019	1.778	2.269	6,2%	3,1%
Canadá	889	803	749	-7,8%	1,0%
Restante Europa	10.588	10.951	11.658	5,1%	15,9%
Restante Ásia	3.599	4.022	4.122	7,3%	5,6%
Restante África	605	674	706	8,4%	1,0%
Restante Américas	358	287	239	-16,7%	0,3%
VEÍCULOS PASSEIO	68.540	72.388	73.457	3,6%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Tabela 6.2 – Produção mundial de veículos comerciais leves em 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	22.872	26.173	26.579	8,1%	28,6%
EUA	11.777	11.920	10.909	-3,7%	11,8%
Japão	8.680	8.687	9.166	2,8%	9,9%
Alemanha	6.033	5.747	5.646	-3,2%	6,1%
Índia	3.805	4.173	4.457	8,6%	4,8%
Coréia do Sul	4.444	4.133	4.015	-4,8%	4,3%
México	3.388	3.457	3.901	7,6%	4,2%
Espanha	2.705	2.859	2.821	2,1%	3,0%
Brasil	2.334	2.077	2.596	5,6%	2,8%
Canadá	2.269	2.356	2.180	-2,0%	2,3%
Restante Europa	12.179	12.607	13.379	4,9%	14,4%
Restante Ásia	5.171	5.651	5.782	5,9%	6,2%
Restante África	793	862	902	6,9%	1,0%
Restante Américas	578	514	512	-5,8%	0,6%
COMERCIAIS LEVES	87.030	91.214	92.844	3,3%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Tabela 7.1 – Produção mundial de caminhões em 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	1.467	1.757	2.258	26,9%	54,5%
EUA	323	260	281	-6,5%	6,8%
Japão	587	506	516	-6,1%	12,4%
Alemanha	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Índia	267	294	284	3,1%	6,9%
Coréia do Sul	94	79	85	-4,6%	2,1%
México	178	143	167	-3,0%	4,0%
Espanha	28	27	28	-0,7%	0,7%
Brasil	74	60	83	6,0%	2,0%
Canadá	14	15	20	19,5%	0,5%
Restante Europa	206	206	247	10,0%	6,0%
Restante Ásia	141	116	146	1,7%	3,5%
Restante África	41	41	28	-16,1%	0,7%
Restante Américas	7	0	0	-49,5%	0,0%
CAMINHÕES	3.429	3.505	4.142	10,4%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Tabela 7.2 – Produção mundial de ônibus em 2015-17*Em mil unidades*

País / Região	2015	2016	2017	Variação média anual	Market Share 17
China	164	189	178	4,4%	56,4%
EUA	0	0	0	0,0%	0,0%
Japão	11	12	12	3,3%	3,9%
Alemanha	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Índia	53	52	42	-10,2%	13,4%
Coréia do Sul	18	17	15	-8,9%	4,7%
México	0	0	0	0,0%	0,0%
Espanha	0	0	0	0,0%	0,0%
Brasil	21	19	21	-1,9%	6,5%
Canadá	0	0	0	0,0%	0,0%
Restante Europa	48	40	41	-7,4%	12,9%
Restante Ásia	10	8	6	-22,0%	1,8%
Restante África	1	1	1	-3,9%	0,4%
Restante Américas	0	0	0	-50,0%	0,0%
ÔNIBUS	328	338	316	-1,8%	100,0%

Fonte: OICA (2017)

Tabela 8.1 – Número de veículos elétricos PEV por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canada						0,2	0,8	2,5	5,3	9,7	14,9
China				0,5	1,6	6,3	16,0	30,6	79,5	226,2	483,2
França	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	2,9	8,6	17,4	27,9	45,2	67,0
Alemanha	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	1,7	3,9	9,2	17,5	29,6	40,9
Índia			0,4	0,5	0,9	1,3	2,8	3,0	3,4	4,4	4,8
Japão				1,1	3,5	16,1	29,6	44,4	60,5	70,9	86,4
Coréia do Sul					0,1	0,2	0,9	1,5	2,8	5,7	10,8
Holanda			0,0	0,2	0,3	1,1	1,9	4,2	6,8	9,4	13,1
Noruega		0,0	0,3	0,4	3,4	5,4	9,6	19,7	41,8	72,0	98,9
Suécia						0,2	0,5	0,9	2,1	5,1	8,0
Reino Unido	0,6	1,0	1,2	1,4	1,7	2,9	4,6	7,3	14,1	21,0	31,5
EUA	1,1	1,1	2,6	2,6	3,8	13,5	28,2	75,9	139,3	210,3	297,1
Outros	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	3,2	5,8	10,6	19,4	36,2	52,4
TOTAL	2,2	2,7	5,2	7,5	16,4	55,1	113,0	226,8	420,3	745,6	1.209

Fonte: IEA (2017)

Tabela 8.2 – Número de veículos elétricos PHEV por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá						0,3	1,7	3,2	5,4	8,0	14,4
China					0,3	0,7	0,9	1,7	25,9	86,6	165,6
França						0,1	0,7	1,5	3,6	9,3	17,0
Alemanha						0,2	1,4	3,0	7,4	18,5	31,8
Índia											
Japão						0,0	11,0	25,1	41,3	55,5	64,9
Coréia do Sul										0,3	0,4
Holanda						0,0	4,4	24,5	36,9	78,2	98,9
Noruega							0,3	0,7	2,4	12,1	34,4
Suécia							0,7	1,8	5,2	10,8	21,3
Reino Unido					0,0	0,0	1,0	2,1	10,0	27,6	55,0
EUA						8,0	46,6	95,6	150,9	193,8	266,7
Outros					0,0	0,1	1,1	2,2	5,9	16,4	35,1
TOTAL					0,4	9,4	69,7	161,3	295,1	517,0	805,3

Fonte: IEA (2017)

Tabela 9.1 – Vendas de veículos elétricos PEV por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá						0,2	0,6	1,6	2,8	4,4	5,2
China				0,5	1,1	4,8	9,6	14,6	48,9	146,7	257,0
França				0,1	0,2	2,6	5,7	8,8	10,6	17,3	21,8
Alemanha			0,1	0,0	0,2	1,4	2,2	5,3	8,3	12,1	11,3
Índia			0,4	0,2	0,4	0,5	1,4	0,2	0,4	1,0	0,5
Japão				1,1	2,4	12,6	13,5	14,8	16,1	10,5	15,5
Coréia do Sul					0,1	0,2	0,6	0,6	1,3	2,9	5,1
Holanda			0,0	0,1	0,1	0,9	0,8	2,3	2,7	2,5	3,7
Noruega		0,0	0,3	0,1	3,0	2,0	4,2	10,1	22,1	30,2	26,8
Suécia						0,2	0,3	0,4	1,2	3,0	3,0
Reino Unido	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	1,2	1,7	2,7	6,8	6,9	10,5
EUA			1,5	-0,0	1,2	9,8	14,7	47,7	63,4	71,1	86,7
Outros			0,1	0,0	0,2	2,4	2,7	4,8	8,8	16,8	16,2
TOTAL	0,3	0,5	2,5	2,3	8,9	38,6	57,9	113,8	193,6	325,3	463,3

Fonte: IEA (2017)

Tabela 9.2 – Vendas de veículos elétricos PHEV por país*Em mil unidades*

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá						0,3	1,4	1,5	2,2	2,6	6,4
China					0,3	0,3	0,3	0,7	24,3	60,7	79,0
França						0,1	0,6	0,8	2,1	5,7	7,8
Alemanha						0,2	1,2	1,6	4,4	11,1	13,3
Índia											
Japão						0,0	11,0	14,1	16,2	14,2	9,4
Coréia do Sul										0,3	0,2
Holanda						0,0	4,3	20,2	12,4	41,2	20,7
Noruega							0,3	0,4	1,7	9,7	22,2
Suécia							0,7	1,1	3,4	5,6	10,5
Reino Unido					0,0	0,0	1,0	1,1	7,9	17,5	27,4
EUA						8,0	38,6	49,0	55,4	42,8	72,9
Outros					0,0	0,1	1,0	1,1	3,8	10,5	18,6
TOTAL					0,4	9,1	60,3	91,6	133,8	221,9	288,3

Fonte: IEA (2017)

Tabela 11.1 – Quantidade de pontos públicos de recargas lentos, por país*Em unidades*

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá				722	1.172	2.266	3.361	3.900
China						21.000	46.657	52.778
França				800	1.700	1.700	10.122	14.612
Alemanha				1.500	2.400	2.606	4.787	16.550
Índia						328	328	328
Japão						8.640	16.120	17.260
Coréia do Sul			29	59	115	151	449	1.075
Holanda		400	1.250	2.782	5.770	11.860	17.786	26.088
Noruega		2.800	3.105	3.688	4.511	5.185	5.289	7.105
Suécia				500	1.000	1.070	1.824	2.215
Reino Unido			1.503	2.804	5.515	7.421	8.716	10.736
EUA	373	482	3.903	11.695	14.990	20.115	28.150	35.089
Outros			1.129	5.068	6.829	9.142	15.483	24.658
TOTAL	373	3.682	10.919	29.618	44.002	91.484	159.072	212.394

Fonte: IEA (2017)

Tabela 11.2 – Quantidade de pontos de recargas rápida, por país*Em unidades*

País	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Canadá				2	7	55	147	315
China						9.000	12.101	88.476
França				9	102	127	543	1.231
Alemanha				18	47	317	784	1.403
Índia								25
Japão	95	312	801	1.381	1.794	2.877	5.990	5.990
Coréia do Sul			33	118	177	237	489	750
Holanda			15	63	106	269	528	701
Noruega		1	18	58	144	249	698	1.052
Suécia				5	20	135	343	523
Reino Unido				36	176	481	1.121	1.523
EUA	47	60	489	1.464	1.977	2.518	3.524	5.384
Outros			13	11	589	862	1.753	2.498
TOTAL	142	373	1.369	3.165	5.139	17.127	28.021	109.871

Fonte: IEA (2017)

Apêndice B – Protocolo de Pesquisa

1. Visão geral do estudo

1.1. Tema

O papel de políticas públicas para o desenvolvimento da indústria local de veículos elétricos.

1.2. Título

O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: o papel das políticas públicas

1.3. Pressuposto

O pressuposto conceitual considera que as políticas públicas possuem papel determinante no desenvolvimento de uma indústria inovadora emergente.

1.4. Objetivos do estudo

Como objetivo geral, a pesquisa busca discutir o papel das políticas públicas sobre o desenvolvimento da emergente indústria local de veículos elétricos. Complementando a finalidade geral desta pesquisa, este trabalho também busca sistematizar um *framework* de análise setorial para indústrias inovadoras no Brasil, bem como subsidiar os *stakeholders* do setor na organização de seus esforços para otimizar o desenvolvimento e tal indústria.

1.5. Problema de pesquisa

Qual o papel das políticas públicas no desenvolvimento da indústria nacional de veículos elétricos?

1.6. Proposições teóricas

O trabalho utiliza os seguintes conceitos apresentados na literatura:

- 1.6.1. Dinâmicas nacionais e setoriais de inovação (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Malerba, 2002; Oltra e Saint Jean, 2009; Farias, 2011; Mazon, Consoni e Quintão, 2013; Lu *et al.* 2014; ANPEI, 2016)

- Análise do contexto;

- Identificação das principais instituições presentes;
- Dinâmica de interação entre as instituições;

1.6.2. Pesquisas relevantes sobre veículos elétricos (Chan, 2007; Bahia e Domingues, 2010; Castro e Ferreira, 2010; Velloso, 2010; Baran e Legey, 2011; Chan, 2011; Kley, Lerch e Dallinger, 2011; San Román *et al.*, 2011; Fournier *et al.*, 2012; Bohnsack, Pinkse e Kolk, 2014; Manzetti e Mariasiu, 2015; IEA, 2016; IEA, 2017)

- Componentes relevantes dos veículos elétricos
- Estado-da-arte das tecnologias aplicadas
- Características da indústria e mercado consumidor
- Desafios enfrentados pela indústria para seu desenvolvimento local

1.6.3 Pesquisas sobre a dinâmica de políticas públicas (Oltra e Saint Jean, 2009; Furtado, Scandiffio e Cortez, 2011; Leurent e Windisch, 2011; Zhang *et al.*, 2014; Zhou *et al.*, 2015; Masiero *et al.*, 2016)

- Acordos entre os agentes (Young, 1999; Oltra e Saint Jean, 2009; Bohnsack, Pinkse e Kolk, 2014)
- Regulamentos ambientais e de inovação (Beise e Rennings, 2005; Oltra e Saint Jean, 2009; Lu *et al.*, 2014)
- Definições de padrões industriais (Porter e Van der Linde, 1995; Oltra e Saint Jean 2009; Brown, Pyke e Steenhof, 2010)
- Incentivos financeiros (Hahn e Stavins, 1992; Oltra e Saint Jean, 2009; Sierzchula *et al.*, 2014)
- Compras do setor público (Edler e Georghiou, 2007; Oltra e Saint Jean, 2009; Lu *et al.*, 2014)
- Dinâmicas de transferência e difusão de conhecimento (Malerba, 2002; Ockwell *et al.*, 2008; Oltra e Saint Jean, 2009)
- Programas de cooperação e pesquisa (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000; Oltra e Saint Jean, 2009)

1.7. Estrutura do trabalho

1. Introdução
2. Fundamentação teórica
3. Contexto do estudo
4. Metodologia da pesquisa
5. Resultados
6. Análise
7. Conclusões
8. Referências
9. Apêndices

1.8. Pesquisadores envolvidos

Pesquisador: Marcelo Luiz Risso Rodrigues da Silva

Professor Orientador: Gilmar Masiero

2. Procedimentos adotados no trabalho de campo

2.1. Aspectos metodológicos

Pesquisa qualitativa exploratória em que se adotou a estratégia de estudo de casos múltiplos.

2.2. Critérios de seleção dos casos

- Identificação das instituições relacionadas com a indústria de veículos elétricos;
- Seleção de pelo menos 1 respondente para cada grupo de instituições;
- Existência de ações/projetos relacionados com veículos elétricos no Brasil;

2.3. As instituições selecionadas

- ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico)
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)
- BMW do Brasil
- BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)
- BYD do Brasil

- Centro de Pesquisa em Engenharia Professor Urbano Ernesto Stumpf
- Clube do Carro Elétrico
- Consultoria Radar PPP
- CPFL Energia
- Departamento de Engenharia Mecânica. POLI-USP
- Eletra
- Faculdade de Engenharia da UERJ
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo)
- Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)
- Fundação Instituto de Administração (FIA)
- Itaipu Binacional
- Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP)
- Toyota do Brasil

2.4. Fontes e instrumentos de coleta de dados

Dados primários: entrevistas com os profissionais diretamente envolvidos com a indústria de VEs.

Dados secundários: pesquisa bibliográfica sobre o tema, documentos fornecidos pelas instituições, registros em arquivos e informações disponibilizadas em *websites*.

3. Questões semiestruturadas para o estudo de casos múltiplos

3.1. Dados do entrevistado.

3.1.1. Nome;

3.1.2. Cargo;

3.1.3. Área/Departamento;

3.1.4. Tempo na área;

3.2. Por favor, descreva as principais atividades relacionadas aos Veículos Elétricos (VEs) desenvolvidos em sua instituição?

3.3. Quais são os principais *stakeholders* (fornecedores, instituições, órgãos governamentais, *etc.*) envolvidos nestas atividades?

- 3.4. Qual é sua opinião sobre a influência que determinadas políticas públicas podem ter sobre o desenvolvimento da indústria local de VEs:
- 3.4.1. As regulamentações de inovação e ambientais têm no desenvolvimento da indústria local de VEs?
 - 3.4.2. Dos acordos entre os agentes, como por exemplo o acordo para redução das emissões de CO₂ da COP21?
 - 3.4.3. A definição dos padrões da indústria (*plugs* e estrutura de recargas, tipo de baterias...)?
 - 3.4.4. Os incentivos econômicos (tanto a PD&I quanto a importação/comercialização dos VEs)?
 - 3.4.5. As compras realizadas pelo setor público?
 - 3.4.6. Os programas de cooperação em pesquisas (como os ICTs)?
 - 3.4.7. A dinâmica de transferência e difusão do conhecimento?
 - 3.4.8. Alguma outra política pública relevante que impacte seus projetos?
- 3.5. Em sua opinião, quais ações deveriam ser tomadas pelas instituições governamentais para fomentar de forma mais eficiente o desenvolvimento da indústria de VEs no Brasil?

4. Roteiro das entrevistas

Questões elaboradas a partir dos aspectos teórico-conceituais provenientes da literatura de políticas públicas direcionadas aos veículos elétricos, considerando um Sistema Setorial de Inovação e Produção.

5. Análise dos dados

Como técnica para a análise de dados será utilizado a análise de conteúdo, seguindo o modelo de nove (9) estágios propostos por Mayring (2001): determinação do material, análise da situação em que o texto foi originado, caracterização formal do material, determinação da direção da análise, seleção das técnicas analíticas, definição da unidade de análise, análise do material e interpretação.

Apêndice C – Questionário para entrevista semiestruturada

Por favor, descreva as principais atividades relacionadas aos Veículos Elétricos (VEs) desenvolvidos em sua instituição?

1. Quais são os principais *stakeholders* (fornecedores, instituições, órgãos governamentais, *etc.*) envolvidos nessas atividades?

2. Qual é sua opinião sobre a influência que determinadas políticas públicas podem ter sobre o desenvolvimento da indústria local de VEs?

3. As regulamentações de inovação e ambientais têm no desenvolvimento da indústria local de VEs?
 - a. Dos acordos entre os agentes, como por exemplo o acordo para redução das emissões de CO₂ da COP21?
 - b. A definição dos padrões da indústria (*plugs* e estrutura de recargas, tipo de baterias...)?
 - c. Os incentivos financeiros (tanto a PD&I quanto a importação/comercialização dos VEs)?
 - d. As compras realizadas pelo setor público?
 - e. Os programas de cooperação em pesquisas (como, os ICTs)?
 - f. A dinâmica de transferência e de difusão do conhecimento?
 - g. Alguma outra política pública relevante que impacte seus projetos?

4. Em sua opinião, quais ações deveriam ser tomadas pelas instituições governamentais para fomentar de modo mais eficiente o desenvolvimento da indústria de VEs no Brasil?

Apêndice D – Termo de autorização para pesquisa acadêmica

Prezado Sr.(a),

Esta pesquisa é parte do trabalho acadêmico de Mestrado em Administração que apresentarei à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP, orientado pelo professor Dr. Gilmar Masiero, e tem como objetivo investigar qual é a influência que as principais políticas públicas podem exercer no desenvolvimento da indústria nacional de veículos elétricos (VEs).

Solicito vossa contribuição e participação nesta pesquisa. Os participantes receberão um relatório síntese dos resultados, que poderá auxiliar em suas tomadas de decisões. Os dados coletados não serão apresentados de forma que possa se identificar o respondente ou a empresa relacionada, mas apenas de forma integrada e consolidada.

Em caso de eventuais dúvidas, coloco-me à disposição para esclarecimentos adicionais através do e-mail marceloluizrisso@usp.br.

Muito obrigado por sua atenção e colaboração.

Marcelo Luiz Risso

Mestrando em Administração – FEA/USP.