

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

RODRIGO FORESTA WOLFFENBÜTTEL

PRODUÇÃO SOCIAL DA INOVAÇÃO
O AUTOMÓVEL ELÉTRICO E AS REDES DE INOVAÇÃO NO BRASIL

PORTO ALEGRE
2019

RODRIGO FORESTA WOLFFENBÜTTEL

PRODUÇÃO SOCIAL DA INOVAÇÃO
O AUTOMÓVEL ELÉTRICO E AS REDES DE INOVAÇÃO NO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Sociologia.

Orientador: Dr. Sandro Rudit Garcia (UFRGS)

PORTO ALEGRE

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

Diretora: Claudia Wasserman

Vice-Diretor: Hélio Ricardo do Couto e Silva

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

Coordenador: Prof. Dr. Paulo André Niederle

Coordenador Substituto: Prof. Dr. Marcelo Kunrath Silva

CIP – Catalogação na Publicação

Wolffenbüttel, Rodrigo Foresta

Produção Social da Inovação, o automóvel elétrico e as redes de inovação. / Rodrigo Foresta Wolffenbüttel.-- 2019.
276 f.

Orientador: Sandro Ruduit Garcia.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Inovação. 2. Redes. 3. Mercados. 4. Automóvel elétrico. 5. Mercado automotivo. I. Garcia, Sandro Ruduit, orient. II. Título.

RODRIGO FORESTA WOLFFENBÜTTEL

PRODUÇÃO SOCIAL DA INOVAÇÃO
O AUTOMÓVEL ELÉTRICO E AS REDES DE INOVAÇÃO NO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Sociologia.

Aprovada em 02 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora

Dr. Sandro Rudit Garcia (Orientador - UFRGS)

Dra. Sônia Maria Karam Guimarães (PPGS - UFRGS)

Dr. Davide Carbonai (PPGA - UFRGS)

Dr. Raphael Jonathas da Costa Lima (PPGS - UFF)

*Para Rovena e Henrique,
antagonistas do meu equilíbrio.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de aproveitar este curto espaço de escrita em primeira pessoa para agradecer, da forma mais espontânea e impessoal possível, à Paula, sem a qual nada disso seria viável ou faria sentido. Agradeço também ao Prof. Sandro Ruduit Garcia, incansável interlocutor e responsável por me guiar nas sendas acadêmicas e científicas desde a longínqua graduação.

Fica registrada aqui também a minha imensa gratidão aos meus amigos e familiares, nem sempre presentes na linha de frente, mas sempre dispostos a apoiar, incentivar ou fornecer aquela válvula de escape afetiva tantas vezes necessária. Sobretudo, agradeço aos meus irmãos e irmãs, consanguíneos ou não, pela paciência e apoio nos momentos de hesitação e dificuldades.

Outros que não posso deixar de agradecer aqui são meus companheiros de pesquisa e de pós-graduação, responsáveis por compartilhar comigo as agruras e as felicidades do fazer científico nas ciências sociais brasileiras. Em especial, agradeço aos amigos Lucas Hertzog, Fernando Araújo, Gabriel Guerra, Rodrigo Dilelio, Lívio Silva, Cláudio Renato, Julio Souto, Anselmo Chizenga, Vitor Alessandri, Eduardo Zanella e Fabrício Solagna pelo companheirismo e pelo auxílio nas mais variadas questões.

Agradeço ainda aos estimados professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UFRGS, excelentes profissionais e pessoas, sempre dispostos a auxiliar e sempre preocupados com desenvolvimento individual e coletivo do saber científico. Aos interlocutores da pesquisa, agradeço imensamente por sua paciência e disposição na realização das entrevistas, assim como, pelas indicações, retornos e considerações. Agradeço também à Profa. Olga Machado e ao amigo Jesse Cardoso pelo apoio técnico, indispensável à redação e à análise das entrevistas.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro que tornou possível a dedicação exclusiva à presente pesquisa, a realização de viagens para saídas de campo, a participação em eventos e congressos sobre o tema e a realização de um período formativo na Università degli Studi di Torino. Auxílio, esse, indispensável para a formação profissional e para a realização dessa pesquisa e de tantas outras no país.

Deve-se considerar que não há coisa mais difícil de tratar, nem mais duvidosa, nem mais perigosa de lidar, do que tornar-se chefe para introduzir novas ordens. Porque aquele que as introduz tem como inimigo todos aqueles que a ordem antiga beneficiava, e como tópicos defensores apenas aqueles que poderão se aproveitar da nova. A tibieza destes últimos resulta, parte por medo dos adversários, que têm as leis ao seu lado, parte da incredulidade dos homens, que não acreditam verdadeiramente numa nova coisa enquanto não a veem realizada numa experiência segura [...]. É necessário, portanto, se queremos compreender bem esse ponto, examinar se esses inovadores podem alguma coisa por si próprios, ou se dependem de outros, isto é, se para realizar sua obra eles precisam apelar às preces ou contam com o uso de suas próprias forças.

Nicolau Maquiavel (1980, p.33).

RESUMO

O presente estudo trata do papel de redes complexas de interação no processo de produção social de inovações voltadas para problemas ambientais, como o automóvel elétrico. A investigação baseia-se no pressuposto de que essas redes, denominadas redes de inovação, são centrais para a introdução de novidades tecnológicas e econômicas em diferentes contextos, uma vez que a produção de inovação também depende da introdução de novidades institucionais (formais e informais) que permitem consolidar o processo. O estudo analisa, mais precisamente, como as redes de inovação modificam as formas de regulação de mercados concretos, a fim de possibilitar a implementação da inovação tecnológica. Para isso, busca explorar (a) os arranjos institucionais que moldam o mercado automotivo e suas formas de regulamentação; (b) a configuração dessas redes, com base na análise de seus membros, seus links e sua estrutura; e (c) os mecanismos de intermediação entre as redes e esses contextos que, conforme a relação estabelecida, acabam por estimular ou dificultar a produção social da inovação. Nesse sentido, a pesquisa está focada na investigação de três experiências de implementação de automóveis elétricos no contexto brasileiro: (1) Uma rede de atores orientados ao desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos relacionados ao automóvel elétrico, no âmbito do Projeto Veículo Elétrico da usina hidrelétrica Itaipu Binacional; (2) uma rede voltada para a instalação de sistemas de compartilhamento urbano público-privado para veículos elétricos nas cidades de Recife (PE) e Fortaleza (CE); e (3) uma rede orientada para a criação de um laboratório de mobilidade urbana para investigar os impactos de carros elétricos no sistema nacional de distribuição de energia elétrica. A análise dessas experiências reflete as diversas tensões (ambiental, mobilidade urbana, saúde pública) sobre o mercado automotivo e seus *modus operandi* e aponta para a relevância da capacidade de articular as competências e interesses dos diversos atores nas redes para mudar as formas de regulação do mercado e superar as resistências da ordem estabelecida.

Palavras chave: Automóvel elétrico; Redes de inovação; Mercado automotivo; Sociologia Econômica.

ABSTRACT

The present study examines the role of complex networks of interaction in the process of social production of innovations focused on environmental problems, such as the electric car. The study is based on the assumption that these networks, here called innovation networks, are central to the introduction of technological and economic novelties in different contexts, since the production of innovation also depends on the introduction of institutional and cultural novelties (norms and habits) that make it possible to consolidate the novelty. More precisely, the study analyzes how innovation networks modify the concrete markets regulations in order to enable the implementation of technological innovation. To this end, it seeks to explore (a) the institutional arrangements that shape the automotive market and its forms of regulation; (b) the configuration of these networks based on the analysis of their members, their links and their structure; and (c) the intermediation mechanisms between networks and these contexts that, according to the established relationship, end up stimulating or hindering the social production of innovation. In this sense, the research is focused on the investigation of three experiences of implementation of electric cars in the Brazilian context: (1) A network of actors oriented to the development of technologies and knowledge related to the electric car, within the scope of the Itaipu Hydroelectric Power Plant Electric Vehicle Project; (2) a network focused on the installation of public-private urban sharing systems for electric vehicles in the cities of Recife (PE) and Fortaleza (CE); and (3) a network oriented to the creation of an urban mobility laboratory to investigate the impacts of electric cars on the national electricity distribution system. The analysis of these experiences reflects the various tensions (environmental, urban mobility, public health) about the automotive market and its *modus operandi* and points to the relevance of the ability to articulate the competences and interests of the various actors in the networks to change the the forms of market regulation and overcome the resistances of the established order.

Keywords: Electric car; Networks of innovation; Automotive market; Economic Sociology.

ABSTRACT

Il presente studio esamina il ruolo di reti complesse di interazione nel processo di produzione sociale di innovazioni incentrate su problemi ambientali come l'auto elettrica. Lo studio si basa sul presupposto che queste reti, qui chiamate reti di innovazione, siano fondamentali per l'introduzione di novità tecnologiche ed economiche in contesti diversi poiché la produzione di innovazione dipende anche dall'introduzione di novità istituzionali e culturali (norme e abitudini) che rendono possibile il consolidamento della novità. Più precisamente lo studio analizza il modo in cui le reti di innovazione modificano le normative dei mercati concreti al fine di consentire l'implementazione dell'innovazione tecnologica. Perciò cerca di esplorare (a) gli accordi istituzionali che modellano il mercato automobilistico e le sue forme di regolamentazione; (b) la configurazione di queste reti sulla base dell'analisi dei loro membri, dei loro collegamenti e della loro struttura; e (c) i meccanismi di intermediazione tra le reti e questi contesti che secondo la relazione stabilita finiscono per stimolare o ostacolare la produzione sociale di innovazione. In questo senso la ricerca è focalizzata sull'indagine di tre esperienze di implementazione di auto elettriche nel contesto brasiliano: (1) Una rete di attori orientati allo sviluppo di tecnologie e conoscenze relative all'auto elettrica nell'ambito del progetto del veicolo elettrico della centrale idroelettrica di Itaipu; (2) una rete focalizzata sull'installazione di sistemi di condivisione urbana pubblico-privato per veicoli elettrici nelle città di Recife (PE) e Fortaleza (CE); e (3) una rete orientata alla creazione di un laboratorio di mobilità urbana per studiare gli impatti delle auto elettriche sul sistema nazionale di distribuzione dell'elettricità. L'analisi di queste esperienze riflette le varie tensioni (ambientale, mobilità urbana, sanità pubblica) relative al mercato automobilistico e al suo *modus operandi* e sottolinea l'importanza della capacità di articolare le competenze e gli interessi dei vari attori nelle reti per cambiare le forme di regolamentazione del mercato e superare le resistenze dell'ordine stabilito.

Parole chiave: Auto elettrica; Reti di innovazione; Mercato automobilistico; Sociologia economica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Processo Inovativo	73
Figura 4.1 – Automóvel elétrico construído por Thomas Parker, foto de 1895.	118
Figura 6.1 – Palio Weekend elétrico.....	193
Figura 6.2 – Rede de Inovação do Programa Veículo Elétrico Itaipu Binacional.....	198
Figura 6.3 – Rede de Inovação do Ecoelétrico	203
Figura 6.4 – Linha de montagem dos Renault Twizys da Itaipu	206
Figura 6.5 – Perspectiva sincrônica da rede de inovação 1.	209
Figura 6.6 – Rede de Inovação do Carro Leve	218
Figura 6.7 – Rede de Inovação Vamo Fortaleza	225
Figura 6.8 – Protótipo do Veículo Vamo sem carenagem.....	229
Figura 6.9 – Rede de Inovação do Veículo Vamo	232
Figura 6.10 – Perspectiva sincrônica da rede de inovação 2.....	237
Figura 6.11 – Rede de inovação do projeto Emotive	244

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Produção mundial de automóveis, 1983 – 2016.	134
Gráfico 4.2 – Estoque de automóveis elétricos nos principais mercados no ano de 2017. ...	139
Gráfico 4.3 – Evolução do estoque global de automóveis elétricos, 2013-17.....	142
Gráfico 5.1 – Evolução da produção de automóveis e autoveículos no Brasil (1957-1979)..	154
Gráfico 5.2– Evolução da produção de automóveis e autoveículos no Brasil (1980-2015)...	160
Gráfico 5.3 – Desempenho do mercado de automóveis no Brasil (2003-2012).....	164
Gráfico 5.4 – Balança comercial das empresas de autoveículos associadas à Anfavea (2001- 2013).....	166
Gráfico 5.5 – Percentual de automóveis nacionais e importados licenciados por ano (2001- 2013).....	167
Gráfico 5.6 – Vendas de automóveis elétricos novos (VEB + VEHP) por países selecionados (2012-2017).....	187

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Critérios para os tipos de ligações.....	95
Quadro 3.2 – Conceito de Rede de inovação, dimensões e componentes.....	99
Quadro 3.3 – Tipos de mecanismos de indução e bloqueio.	103
Quadro 4.1 – Número de automóveis (milhões) em circulação por países selecionados.	128
Quadro 5.1 – Políticas públicas brasileiras de incentivo aos veículos elétricos.....	179
Quadro 5.2 – Países que anunciaram o banimento nas vendas ou registros de veículos movidos a motor de combustão interna (ICE) para os próximos anos.....	180
Quadro 5.3 – Oferta de automóveis híbridos e elétricos no mercado nacional.....	182
Quadro 6.1 – Especificações técnicas dos veículos utilizados no Ecoelétrico.	201

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABVE	Associação Brasileira de Veículos Elétricos
ABRAVEi	Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores
AEA	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARS	Análise de Redes Sociais
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento
CARB	California Air Resource Board
CAFE	Corporate Average Fuel Economy
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
COP	Convenção das Partes
CUT	Central única dos Trabalhadores
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCT	Estudos Sociais de Ciência e Tecnologia
FNM	Fábrica Nacional de Motores
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
GEIA	Grupo Executivo para a Indústria Automotiva
GEE	Gases de Efeito Estufa
GM	General Motors
IEA	International Energy Agency
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ICT	Institutos de Ciência e Tecnologia
II	Imposto de Importação
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPI	Imposto Sobre Produtos Industrializados
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

OEM	Original Equipment Manufacturer
OMC	Organização Mundial do Comércio
PBE-V	Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNMU	Plano Nacional de Mobilidade Urbana
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
SCOT	Social Construction of Technology
SNI	Sistema Nacional de Inovação
UE	União Europeia
VE	Veículo Elétrico
VEB	Veículo Elétrico a Bateria
VEH	Veículo Elétrico Híbrido
VEHP	Veículo Elétrico Híbrido Plug-in
VW	Volkswagen
ZEV	Zero Emission Vehicle

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. PRODUÇÃO SOCIAL DA INOVAÇÃO	34
2.1 MUDANÇA TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO	35
2.2 NOVOS ESPAÇOS E INTERPRETAÇÕES PARA A INOVAÇÃO	45
2.3 REDES E ABORDAGENS RELACIONAIS	56
2.4 DEFININDO INOVAÇÃO E SEUS MOMENTOS	65
3. ENTRE A TEORIA E A EMPÍRIA, FUNDAMENTOS DA ANÁLISE	77
3.1 ARRANJOS INSTITUCIONAIS E MERCADOS CONCRETOS.....	78
3.1.1 Princípios de coordenação e arranjos institucionais.....	79
3.1.2 Mercados concretos	83
3.2 INTERPRETANDO REDES DE INOVAÇÃO	88
3.2.1 Os nós da rede.....	91
3.2.2 As ligações da rede	94
3.2.3 A estrutura da rede	96
3.3 MECANISMOS DE INDUÇÃO E BLOQUEIO À INOVAÇÃO.....	100
3.2.1 Mecanismos de indução.....	104
3.2.2 Mecanismos de bloqueio	108
4. A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO AUTOMÓVEL ELÉTRICO	114
4.1 ORIGENS E CONTROVÉRSIAS.....	115
4.2 CONSOLIDAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DO AUTOMÓVEL A GASOLINA.....	120
4.3 O RENASCIMENTO DA DISPUTA	128
4.4 NASCE UM NOVO PARADIGMA?	137
5. O MERCADO DO AUTOMÓVEL ELÉTRICO NO BRASIL	148
5.1 A FORMAÇÃO E A CONSOLIDAÇÃO DO MERCADO AUTOMOTIVO.....	150
5.1.1 As gigantes entram em cena	152
5.1.2 O nascimento o Proálcool	155
5.1.3 Um arranjo conflituoso	157
5.2 ABERTURA E INTERNACIONALIZAÇÃO	158
5.2.1 Uma nova configuração do mercado automotivo.....	161
5.2.2 O motor flex fuel e a crise internacional.....	164

5.3 RETOMADA DA PROTEÇÃO E ESTÍMULOS À INOVAÇÃO	166
5.3.1 Consequências do Inova-Auto.....	170
5.4 NOVAS INSTABILIDADES NO HORIZONTE	172
5.4.1 Articulando o Rota 2030.....	173
5.4.2 A aposto no híbrido flex	177
5.5 ARRANJO DO MERCADO	183
5.5.1 Uma trajetória própria e um posicionamento vago.....	185
6. REDES DE INOVAÇÃO NO BRASIL	189
6.1 REDE 1 – DESENVOLVENDO VEÍCULOS ELÉTRICOS, BATERIAS E COMPONENTES.....	191
6.1.1 O Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional	192
6.1.2 Curitiba Ecoelétrico	200
6.1.3 Do veículo elétrico à mobilidade elétrica.....	205
6.2 REDE 2 – SISTEMAS COMPARTILHADOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS	211
6.2.1 O projeto-piloto do Carro Leve.....	213
6.2.2 Vamo Fortaleza, uma parceria público-privada pioneira	220
6.2.3 Projeto de veículo alternativo próprio	227
6.2.4 Impasses e avanços para os sistemas de compartilhamento de elétricos.....	234
6.3 REDE 3 – LABORATÓRIO DE MOBILIDADE URBANA.....	240
6.3.1 O Projeto Emotive	241
6.3.2 A importância do P&D ANEEL	245
7. CONCLUSÕES	251
REFERÊNCIAS.....	257
APÊNDICES	270
APÊNDICE A – BANCO DE REFERÊNCIAS DIGITAIS.....	270
APÊNDICE B – ROTEIRO BASE ENTREVISTA	277

1. INTRODUÇÃO

Pode-se identificar, hoje, no mercado automotivo mundial, os contornos de um novo e sociologicamente instigante fenômeno que já se faz sentir em âmbito nacional: o desenvolvimento e o uso de automóveis movidos a energia elétrica. Segundo dados da Agência de Energia Internacional (IEA), o número de automóveis elétricos¹ vendidos, em 2017, superou a marca de 1 milhão de unidades, o que representa, em comparação com 2016, um crescimento de 54% nas vendas. Ainda que esse valor seja residual comparado à produção mundial de autoveículos, nesse mesmo ano (97,3 milhões de unidades), torna-se um número relevante em relação ao começo dos anos 2000, quando a produção de automóveis elétricos era calculada na casa das centenas (OECD/IEA, 2018).

Mais do que o simples desenvolvimento de um novo veículo movido por formas alternativas de propulsão, o automóvel elétrico é uma inovação com potencial para engendrar uma série de mudanças inter-relacionadas, entre as quais destacam-se as ocorridas na trajetória tecnológica do setor, nas estruturas de produção e de abastecimento, na matriz energética, nas formas de distribuição e venda e nas formas de utilização desses veículos. Logo, trata-se de uma inovação que não se restringe à inserção, no mercado, de novos automóveis movidos a baterias elétricas ou híbridos², mas de uma inovação vinculada ao surgimento de novas formas de uso compartilhado (*car-sharing*), novas empresas com concepções alternativas de produção e distribuição, novos mercados de mobilidade e novos marcos legais, como os referentes à eficiência energética e à emissão de gases poluentes.

Ao contrário de uma temática puramente tecnológica, a emergência do automóvel elétrico encontra-se ligada a uma série de questões sociais, políticas e econômicas que têm pressionado o mercado automotivo e seu *modus operandi*. Essas questões são expressas não apenas no desenvolvimento de novas tecnologias e produtos que se propõem a desafiar competidores nesse mercado, mas também na forma de uma série de contestações, vinculadas aos problemas ambientais, à mobilidade urbana, à saúde pública, ao padrão atual de produção em massa e ao uso individual de veículos leves movidos a combustão interna.

¹ Automóveis elétricos referem-se a veículos elétricos classificados na categoria de Veículos Leves de Passageiros (PLDVs, na sigla em inglês), também conhecidos como automóveis de passeio.

² A definição de veículos elétricos da IEA inclui veículos elétricos a bateria (VEBs), veículos elétricos híbridos plug-in (VEHPs) e veículos elétricos a células de combustível (FCEVs). Nesta pesquisa optou-se por incluir os automóveis elétricos híbridos sem plug-in (VEHs), em função de sua relevância para o contexto nacional.

Pesquisas realizadas em algumas metrópoles globais, inclusive no Brasil³, apontam, diferentemente do passado, para um crescente desinteresse de jovens na compra de automóveis individuais. Preocupados com temas como mobilidade urbana e qualidade de vida, esses jovens valorizariam meios de transporte mais acessíveis e com menor potencial poluidor, expressando traços de mudanças na cultura de consumo. Estes novos estilos de vida e consumo, junto às novas possibilidades de compartilhamento, colaboração e automação trazidas pela comunicação instantânea e pela internet móvel acarretam, para o mercado automotivo, consequências diretas cujo curso e extensão são ainda desconhecidos.

Outro importante fator que vem pressionando por transformações no mercado automotivo é a gradativa sensibilização e institucionalização dos problemas ambientais em campos diversos. O Acordo de Paris, negociado no âmbito da 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, em 2015 (COP21), com suas metas de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), é uma das maiores expressões dessa crescente preocupação global com o ambiente, relacionada a temas como a poluição do ar, saúde pública, mudança climática e esgotamento dos recursos naturais. Esse fenômeno histórico vem promovendo transformações no mercado automotivo e dando suporte para a entrada de tecnologias consideradas menos poluidoras. Um exemplo pioneiro da promoção de veículos elétricos por intermédio de mudanças na legislação é o caso da resolução da California Air Resource Board (CARB) que, em 1990, determinou percentuais mínimos de venda de veículos com “baixa emissão” de poluentes no Estado da Califórnia, cujos percentuais se expandiram progressivamente e criaram um mercado mínimo para automóveis de “baixa emissão” como os elétricos. Outros programas nacionais de limites de emissões, como a Diretiva da União Europeia e o Corporate Average Fuel Economy (CAFE) norte-americano, somam-se a esse contexto de controle de emissões dos veículos.

Em consonância com essas alterações nas regulações e nas expectativas sobre o mercado automotivo, recentemente foram retomados esforços conjuntos no sentido de implementação e desenvolvimento de novos veículos elétricos e seus componentes em larga escala. Um exemplo disso é o fato de diversos grupos de produtores estarem apostando no desenvolvimento de novos modelos de automóveis híbridos ou movidos a baterias elétricas.

³ Dados recentes apontam uma redução na emissão de Carteiras Nacionais de Habilitação nos últimos 4 anos, em alguns Estados. Conforme: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-04/crise-e-novo-comportamento-reduzem-interesse-dos-jovens-em-dirigir>. Acessado em 28/04/2019.

"Estamos todos dentro", afirmou o presidente executivo da Ford Motors, Bill Ford Jr, sobre o investimento de US \$ 11 bilhões da empresa em automóveis elétricos, anunciado no North American International Auto Show, de 2018, em Detroit⁴. De fato, todas as empresas, entre as 10 maiores montadoras de automóveis, possuem, em seus catálogos, ao menos um modelo de automóvel elétrico.

Além disso, novas empresas como a Tesla Motors e novas alianças como a Renault-Nissan têm obtido expressivo sucesso com a venda de automóveis elétricos. Criada em 2003, a Tesla Motors já vendeu, desde seu primeiro modelo elétrico, em 2008, mais de 532 mil carros elétricos e conta com uma rede de estações de carregamento, com cerca de 1.604 estações e 14.081 carregadores rápidos, distribuídos na América do Norte, Europa e Ásia⁵, sendo a principal fabricante de automóveis elétricos nos EUA. Por seu turno, a Aliança Renault-Nissan, com seus mais de 775 mil veículos elétricos vendidos, é líder no setor de veículos elétricos. Apenas um modelo, o Nissan Leaf, já vendeu mais de 400 mil unidades e tornou-se o modelo elétrico plug-in (VEB) mais vendido no mundo⁶.

Contudo, essa expansão do mercado de veículos elétrico é mais relevante em alguns contextos específicos: China, Estados Unidos, Holanda, Noruega, Reino Unido, Japão, Alemanha e França corresponderam a 90% das vendas de automóveis elétricos, no ano de 2017 (OECD/IEA, 2018). Segundo relatórios como o Global EV Outlook, um dos fatores da expansão nestes países seria o conjunto de metas ambiciosas e políticas de incentivo aos veículos com baixa emissão de poluentes. Essas políticas vão desde subsídios para compra de veículos elétricos, redução de impostos de propriedade, medidas regulatórias de emissão de gases, isenções de taxas para estacionamento, além de áreas de circulação exclusivas para veículos elétricos e projetos de instalação de carregadores públicos.

Implementados de diferentes formas, esse conjunto de políticas configuram distintos contextos institucionais e arranjos políticos para o estabelecimento do automóvel elétrico. Um destes contextos, relativamente bem-sucedido, é o caso do serviço francês de compartilhamento de automóveis elétricos, o Autolib' que foi inaugurado em Paris, em 2011, e contava com cerca de 155.000 usuários cadastrados e mais de 4.000 veículos disponíveis. O

⁴ Conforme: <https://www.reuters.com/article/us-autoshow-detroit-electric/global-carmakers-to-invest-at-least-90-billion-in-electric-vehicles-idUSKBN1F42NW>. Acesso em 03/06/2019.

⁵ Conforme: <https://www.tesla.com/supercharger>. Acesso em 03/06/2019.

⁶ Conforme: <https://global.nissannews.com/en/releases/nissan-leaf-first-electric-car-to-pass-400k-sales?source=nng&lang=en-US&rss>. Acesso em 03/06/2019.

exemplo em questão, fruto de um edital para contrato público-privado, começou com 250 automóveis elétricos, desenvolvidos pela indústria italiana Pininfarina, e conquistou uma ampla adesão dos cidadãos, além de se expandir para outras cidades francesas como Lyon e Bourdeaux. Porém, a parceria foi encerrada, em Paris, 7 anos após sua inauguração, por problemas de financiamento da iniciativa.

Outro caso de expressiva adesão aos veículos elétricos é a Noruega, onde a parcela de mercado de automóveis elétricos atingiu, em 2017, 39% do total do mercado nacional. Caracterizado por uma série de incentivos fiscais, marcos regulatórios e políticas públicas, há no país, inclusive, políticas voltadas para a completa substituição dos veículos convencionais até 2025. Para além do modelo nórdico, mercados maiores, como o chinês, também têm expandido suas frotas de veículos elétricos. Baseadas em políticas restritivas de aquisição de automóveis convencionais, que visam a reduzir os problemas urbanos de tráfego e poluição, diversas cidades chinesas favoreceram a adoção de modelos elétricos. Em meio a essa e a outras políticas de incentivo, atualmente, a República Popular da China, doravante China, é o maior mercado de veículos elétricos do mundo, com mais de 1 milhão de elétricos nas ruas e uma parcela de mercado de mais de 2% do total (580.000 veículos elétricos vendidos em 2017), algo relevante quando se refere ao maior mercado do mundo (OECD/IEA, 2018).

Portanto, é possível perceber que o estabelecimento de automóveis elétricos, como uma tecnologia alternativa viável, é um processo complexo, estimulado por problemas de diversas ordens, que depende da criação de novas regulações e de diferentes formas de produção, comercialização e utilização de automóveis, as quais vão desde a substituição de veículos convencionais por veículos elétricos, até a instalação de sistemas públicos de compartilhamento desses veículos e redes de abastecimento elétrico, passando por contratos com administrações públicas para sua adoção, nos sistemas de transporte e mobilidade urbana. Em outras palavras, é um processo dependente de diversos fatores contextuais, como a trajetória tecnológica do aparato, a configuração institucional do mercado, o desenvolvimento de políticas públicas de fomento, mas também, dependente da articulação de atores relevantes em torno da inovação (empresários, pesquisadores, consumidores, gestores públicos etc.) e das dinâmicas engendradas a partir desta articulação.

Dessa forma, para compreender a implementação de uma novidade tecnológica potencialmente radical e abrangente, como o automóvel elétrico, torna-se importante

considerar, não só os fatores técnicos e econômicos dentro de uma lógica causal e unidirecional, mas o conjunto de políticas públicas, aspectos culturais e mobilizações sociais nas quais a inovação está inserida, o que implica em conceber inovações como processos complexos, relacionais e multidimensionais, sujeitos a contingências e contradições (OLIVEIRA, 2008). Também devem ser vistos como processos permeados por interesses, valores, vínculos estratégicos e situados no interior de arranjos institucionais, contingentes e variáveis ao longo do tempo, o que é algo especialmente relevante em contextos com alto nível de dependência tecnológica e uma trajetória particular, como o caso do Brasil, um país que foi o 8º maior mercado de veículos a motor, no mundo, em 2017, com mais 2.239.682 unidades vendidas, mas que licenciou apenas 3.296⁷ veículos elétricos (0,14%) neste mesmo ano (ANFAVEA, 2018).

Desde as primeiras grandes montadoras, no período dos “Cinquenta anos em cinco” de Kubitschek, até os dias atuais, a indústria automotiva expressa uma espécie de síntese do projeto desenvolvimentista nacional. Essa síntese vai da cultura individualista dos veículos de passeio, chamada de “carrocentrismo” por Gordon e Sperling (2009), estendendo-se por toda a rede de distribuição rodoviária, indústrias de mineração e construção civil, até o tema da exploração de petróleo e dos subsídios à aquisição de automóveis. Não por acaso, muitos consideram, com certo exagero, o andamento da indústria automotiva um dos principais indicadores da situação econômica nacional⁸.

Com a estabilização econômica promovida entre 2003 e 2014, a expansão do poder de compra das classes menos favorecidas e as políticas setoriais de incentivo baseadas na redução de impostos, foi estendido não só o número de automóveis que compõem a frota no país, mas também o número de consumidores capazes de comprar veículos individuais. Isso favoreceu a redução do número de habitantes por veículo de 8,4, em 2003, para 4,9 no ano de 2014 (ANFAVEA, 2017). Esse efeito pressionou ainda mais o sistema rodoviário de grandes e médios centros urbanos e transformou a mobilidade urbana em uma das principais pautas públicas de hoje.

⁷ Vale ressaltar que este número inclui veículos híbridos sem plug-in (VEHs), uma categoria de veículo que não utiliza fonte elétrica externa, pois o motor elétrico opera de forma auxiliar ao motor a combustão, e não é considerada nos relatórios da IEA sobre o tema.

⁸ Segundo dados da ANFAVEA (2019), o setor é responsável por 22% do PIB relativo à indústria de transformação e 4% do PIB total.

Ademais, historicamente, o mercado brasileiro é promotor e precursor do etanol como combustível alternativo ao petróleo. Em 1975, o governo brasileiro inaugurou o Programa Nacional do Álcool, programa de substituição dos combustíveis veiculares derivados do petróleo por álcool combustível (NITSCH, 1991), o que tendeu a fortalecer o paradigma do motor a combustão interna, em vez de formas elétricas de propulsão e abastecimento. Outro fator relevante é o fato de todas as montadoras instaladas no país serem controladas por centros de decisão estrangeiros e desenvolverem grande parte das pesquisas e novas tecnologias em laboratórios e institutos de pesquisas no exterior.

De acordo com abordagens mais lineares, sobre inovação e disputas tecnológicas, os aspectos anteriormente mencionados tornam o contexto brasileiro um dos lugares menos prováveis para a implementação do automóvel elétrico, pois não haveria, a princípio, suficiente incentivo de mercado e nem demanda por este tipo de produto, relativamente mais caro, nem tecnologia de base para o desenvolvimento deste aparato. Isso, porque, grande parte da bibliografia disponível tende a priorizar considerações sobre o grau de desenvolvimento de determinada tecnologia, ou suas condições de viabilidade econômica. Isso torna praticamente impossível a tarefa de escapar do aprisionamento (*lock-in*) tecnológico do motor a combustão interna, no contexto brasileiro.

Essas abordagens são orientadas por uma lógica de prevalectimento de um fator sobre outros, criando uma dinâmica unidirecional no processo inovativo. São modelos que se baseiam na atuação de uma esfera relativamente autônoma (o mercado ou a tecnologia) e no vetor causal da inovação: o mercado como *locus* da eficiência, no primeiro caso, sendo a inovação uma resposta eficiente à demanda, ou a ciência como motor do desenvolvimento tecnológico, sendo a inovação impulsionada pelos avanços da ciência e da tecnologia.

Fundamentadas em um modelo de esferas segregadas, quando observadas em sua especificidade, essas abordagens auxiliam na compreensão de processos internos e restritos, pois atribuem identidade ao campo e inteligibilidade às suas dinâmicas. Porém, quando se trata de processos complexos, que envolvem diversas esferas da vida social, tal como o desenvolvimento e a implementação de inovações tecnológicas, torna-se frágil a atribuição de fatores isolados, determinantes ao processo, bem como a proposição de um movimento unidirecional.

Outros modelos mais recentes, baseados na dependência de trajetória e na análise das estratégias e das formas de organização institucional das empresas, elaboraram

abordagens mais complexas sobre o processo de desenvolvimento de inovações tecnológicas. Denominadas abordagens evolutivas, essas interpretações do processo de inovação baseiam-se em uma perspectiva sistêmica da inovação, como resultado de um complexo emaranhado de fatores integrados a um conjunto de sistemas vinculados e interligados.

Amplamente tributária da tradição schumpeteriana, essas abordagens evolutivas tendem a focar sua análise no papel central desempenhado pelas empresas, no aprendizado organizacional e na configuração institucional em que o processo de inovação ocorre (FREEMAN; SOETE, 2008). Tal análise dos arranjos institucionais permitiu a elaboração do conceito de Sistema Nacional de Inovação, geralmente formado por um conjunto heterogêneo de instituições e relacionado a um contexto econômico, marcado por diferentes graus de coordenação e articulação. Nestes termos, o processo de desenvolvimento de novas tecnologias e sua inserção no mercado passam a ser frutos de um arranjo de atores institucionais e da coordenação de suas ações.

Esse modelo de sistemas de inovação é baseado na metáfora biológica de ambiente, sistemas e subsistemas, o que implica, em alguma medida, em formas estáveis e bem delimitadas nas quais predominam mecanismos internos de permanência e continuidade. Todavia, muitas vezes, o processo inovativo ocorre de forma desigual em diferentes setores econômicos, para além de fronteiras estabelecidas e à revelia de um conjunto de normas que permitam classificá-lo como um sistema fechado (ALMEIDA, 2014).

Ademais, este tipo de abordagem favorece a análise de contextos institucionais com elevado grau de desenvolvimento tecnológico e coesão funcional, e só poderia ser aplicado a países de grande dependência tecnológica, mediante adaptações que estenderiam seu sentido de forma a incluir outros atores sociais e ainda, o conjunto de políticas e instituições que afetam a introdução de novas tecnologias na economia nacional, colocando, assim, em questão, a utilidade desse esquema para explicar a inovação (OLIVEIRA, 2008).

No caso do automóvel elétrico no Brasil, torna-se problemática a utilização dessa abordagem, pois não há uma estrutura institucional que corresponda ao conceito de sistema nacional de inovação, principalmente em relação às experiências vinculadas ao automóvel elétrico. Antes, observam-se algumas iniciativas, organizadas por atores diversos, mais ou menos articulados, voltadas para a implementação dessa tecnologia sob diferentes condições e com base em diferentes estratégias.

Baseadas em redes heterogêneas de atores sociais, estas experiências de implementação de automóveis elétricos ocorrem em diferentes contextos nacionais, tais como: o Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional, voltado para o desenvolvimento de novos conhecimentos e tecnologias vinculadas à montagem e à produção de veículos elétricos, bem como sua aplicação em cidades parceiras, como Curitiba (PR); os sistemas de veículos elétricos compartilhados em Recife (PE) e Fortaleza (CE), sistemas públicos de automóveis elétricos que visam à redução do uso individual de veículos mediante otimização do uso; e o Projeto Emotive, programa de estudos em mobilidade elétrica, promovido pela distribuidora CPFL Energia, de São Paulo, voltado para a avaliação e a utilização de automóveis elétricos em diversos contextos e para a instalação de um corredor intermunicipal de recarga para veículos elétricos.

Tais experiências não abrangem todas as iniciativas de desenvolvimento e introdução de veículos elétricos no mercado automotivo brasileiro. Contudo, foram selecionadas para a investigação devido a sua complexidade e relevância no contexto nacional. Trata-se de experiências relativamente consolidadas, diferentes em suas estratégias e objetivos específicos, mas que apresentam resultados relevantes em sua execução, principalmente, em termos de mudanças nas regulações sobre os mercados concretos. Além disso, são iniciativas que refletem as mencionadas tensões sobre o mercado automotivo e apontam para a mobilização, não apenas de montadoras, mas de gestores públicos, empresas de outros setores e usuários, na promoção de formas de uso mais colaborativas e eficientes, criando pressões sobre a lógica do veículo individual a combustão e abrindo importantes espaços para a introdução e a difusão do automóvel elétrico no contexto nacional.

Apesar de suas fragilidades, em comparação com as referidas experiências internacionais, as iniciativas selecionadas são muito importantes para o processo de produção social do automóvel elétrico como uma inovação, pois, diferentemente do que concebem os modelos lineares e evolutivos de desenvolvimento e difusão de inovações, baseados em critérios técnico-econômicos ou em conjuntos de políticas públicas, o processo de inovação mostra-se, nestes casos, complexo, relacional e dependente da articulação de atores diferentes, inseridos em contextos político-culturais distintos.

Neste sentido, convém tratar a produção social de inovações, no interior de um enquadramento capaz de apreender a dinâmica processual e retroativa da inovação, a relevância de outros momentos e os processos de negociação em que são envolvidos os

atores inseridos em redes de interação. Um enquadramento que vá além do desenvolvimento e da comercialização da novidade tecnológica, e que leve em consideração, a difusão, a aceitação e as consequências da utilização como relevantes para a lógica processual da consolidação de uma inovação.

Afinal, assume-se na presente pesquisa, o **argumento** de que a inovação é a inserção de uma novidade em um contexto econômico. Por seu turno, a inserção dessa novidade depende da capacidade dos atores envolvidos com a inovação, de alterarem as formas de regulação desse contexto econômico. Isso significa que a produção social da inovação não envolve apenas o desenvolvimento e a introdução de uma novidade tecnológica em um contexto, mas envolve, também, a introdução e o desenvolvimento de novas formas de regulação que possibilitem a implementação da novidade. Essa introdução depende de redes de atores heterogêneos com diferentes interesses, de sua relação com o mercado e de sua capacidade de superar os bloqueios derivados da configuração estabelecida.

Em outras palavras, aborda-se a inovação como um complexo processo relacional e multidimensional que depende, em grande medida, dos atores sociais, da coordenação de suas ações e do contexto em que se desenrola o processo. O que torna relevante uma abordagem relacional, não voltada apenas para empreendedores míticos, esferas autônomas e sistemas nacionais de inovação, mas para as redes de interação, cooperação e competição, em que diferentes atores combinam seus recursos, conhecimentos e interesses. Isto é, uma abordagem que considere o contexto social em que estão inseridos estes atores, seus recursos, valores, interesses e posições no interior dessas redes de inovação, a fim de identificar como estas interações vinculam-se a mecanismos de indução ou bloqueio da inovação.

Isto implica em uma análise voltada para: (1) os contextos em que se busca introduzir a inovação, com seus arranjos institucionais e formas de regulação; (2) as redes de interação produzidas pela coordenação da ação entre esses atores; e (3) os mecanismos de intermediação entre as redes e esses contextos que, conforme a relação estabelecida, acabam por estimular ou dificultar a produção social da inovação.

Essa abordagem multidimensional do processo justifica-se porque a produção social da inovação envolve atores em todos os momentos do processo de inovação (desenvolvimento, comercialização, utilização e difusão), suas interações coordenadas, bem como as normas e hábitos que regulam essas relações. Isto é, o conjunto de ações

mutuamente referidas, sob um complexo de regras e entendimentos comuns muitas vezes em disputa, mediados por redes de interação, aqui chamadas de redes de inovação.

Portanto, a presente pesquisa tem como **objetivo principal** analisar mudanças nas formas de regulação de mercados concretos que decorrem da ação de redes complexas de interação no processo de produção social de inovações econômicas, a partir da investigação de recentes experiências de implementação de automóveis elétricos no país. Para isso, busca explorar, de forma mais específica, (i) os arranjos institucionais que conformam o mercado automotivo e suas formas de regulação; (ii) a ação dessas redes, a partir da análise de seus integrantes, suas ligações e sua estrutura; e (iii) as dinâmicas dos mecanismos de incentivo e bloqueio que se estabelecem com base na relação das redes com os mercados concretos.

Desta forma, propõe-se investigar o seguinte **problema de pesquisa**: Como as redes de inovação modificam as formas de regulação dos mercados concretos a fim de tornar possível a implementação da novidade tecnológica? Mais precisamente, como os diferentes atores e a pluralidade de interesses, recursos e competências que compõem as redes de inovação coordenam suas ações para superar a ordem estabelecida e inovar?

A **hipótese** que orienta a pesquisa estrutura-se em torno da ideia de que a alteração das formas de regulação e a implementação da inovação dependeriam do conjunto de esforços em diversos âmbitos da rede, que configurariam diferentes dinâmicas em relação ao mercado, isto é, dependeriam da capacidade de articulação da rede para valer-se de mecanismos de incentivo à inovação e superar mecanismos de bloqueio e resistências da ordem estabelecida. Tendo isso em vista, a pesquisa voltou-se para a configuração das redes de inovação formadas a partir das três experiências anteriormente mencionadas e para as dinâmicas engendradas nessa interação, no intuito de investigar como essas diferentes redes relacionam-se com o mercado automotivo nacional em seus contextos locais.

A primeira rede analisada (Rede 1) é organizada em torno do Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional, um programa de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia (P&D), que teve suas origens em 2006 e voltou-se para o desenvolvimento de tecnologias vinculadas ao veículo elétrico e para o fortalecimento da cadeia de fornecedores de componentes. O Programa atuou, de forma central, na produção de veículos elétricos no país, por intermédio de diversas parcerias para a concepção e a montagem de protótipos elétricos. Um dos desdobramentos da rede, voltado para a utilização dos veículos, possibilitou a realização do Projeto Ecoelétrico de Curitiba (PR), um projeto orientado para a

instalação de modais de transporte com baixo impacto ambiental na frota da administração municipal. Composta por atores sociais de distintas naturezas e competências, a rede envolve projetos variados, com potencial para contemplar diversos momentos do processo inovativo, como a implementação de sistemas de compartilhamento cooperativo e o desenvolvimento de tecnologias auxiliares ao automóvel elétrico.

Por sua vez, a Rede 2 refere-se aos sistemas de compartilhamento de automóveis elétricos implementados em Recife (PE) e Fortaleza (CE). Trata-se de uma rede de atores voltados para o estabelecimento de sistemas alternativos de mobilidade urbana, onde automóveis elétricos são utilizados de forma compartilhada. Apesar de apresentar, inicialmente, objetivos experimentais e uma estrutura simplificada de organização, a rede desdobra-se em outras direções, como a implementação de um sistema de compartilhamento em escala comercial, através de parceria público-privada, e o desenvolvimento de um veículo elétrico próprio. A principal colaboração da iniciativa para a implementação do automóvel elétrico, no país, é a promoção de um modelo de mobilidade compartilhada e solidária, com a finalidade de demonstrar sua viabilidade e promover a adesão, à rede, de usuários e novos atores. Articulada em torno de um sistema de compartilhamento gerido por um aplicativo, a rede envolve um número expressivo de interesses e busca, constantemente, agregar novos parceiros como forma de acrescentar novas competências e recursos à iniciativa.

Já a terceira iniciativa (Rede 3) vincula-se às atividades propostas pelo Projeto Emotive, baseado no Programa P&D da ANEEL, que conta com uma empresa de distribuição de energia (CPFL Energia) como sua principal organizadora e executora. O referido projeto é um, entre vários voltados para a mobilidade elétrica no âmbito dessa política tecnológica promovida pela agência reguladora do setor de energia elétrica, porém, destaca-se por sua dimensão e suas metas. Entre os principais objetivos do projeto destaca-se a criação de um laboratório de mobilidade elétrica para a realização de estudos sobre as diversas aplicações e implicações da tecnologia e a atuação no sentido de fomentar uma cultura de mobilidade elétrica para a Região Metropolitana de Campinas. Voltado para a análise dos impactos da difusão da tecnologia, na rede elétrica nacional, a iniciativa contribuiu diretamente nas resoluções que alteraram a legislação sobre a recarga de veículos elétricos.

Ainda que relativamente distintas, é possível perceber alguns importantes pontos em comum entre as iniciativas. Um deles, que pode ser destacado, é a justificativa do uso do

automóvel elétrico devido a fatores ambientais e a publicação dos indicadores referentes a sua utilização em termos de quantidade de emissão de CO2 evitada e energia poupada, o que aponta para o forte apelo ambiental das iniciativas, para a formulação de respostas aos referidos problemas que tensionam o mercado automotivo e para o processo de negociação de interesses em jogo, no curso da implementação da inovação. Essa tensão sobre o mercado automotivo se configura como uma oportunidade para o surgimento de inovações, como o automóvel elétrico, as quais são potencialmente capazes de atenuar esses problemas ambientais de mobilidade e saúde pública.

Logo, trata-se de iniciativas diferentes, articuladas por conjuntos heterogêneos de atores sociais, mutuamente imbricados e relacionados numa trama de ações recíprocas e coordenadas, voltadas para a implementação do automóvel elétrico como uma possível resposta aos problemas atuais do mercado automotivo nacional. Porém, esses conjuntos são formados por diferentes atores e modelos de interação, que configuram distintas redes de inovação, com diferentes estratégias, objetivos e resultados. Isso sugere um papel relevante das diferentes configurações das redes nas relações com os mercados concretos e na produção de dinâmicas de incentivo ou bloqueio à inovação e instiga à investigação de como essas configurações se relacionam com a transformação nas formas de regulação e com a implementação da inovação econômica.

Considerando os objetivos e a hipótese propostos para esta investigação, foi empregada uma metodologia de pesquisa, de caráter qualitativo, da seguinte maneira: No primeiro momento, foi realizada uma pesquisa histórica, com base em fontes secundárias, sobre a disputa tecnológica do automóvel elétrico. Essa pesquisa buscou fornecer um arcabouço para compreensão da trajetória da referida tecnologia e sua relação com as transformações nos valores e normas, ao longo do tempo, para, dessa forma, melhor situar as recentes mudanças no mercado automotivo internacional, a emergência de algumas iniciativas e o crescimento das vendas de automóvel elétrico em diversos países.

O segundo momento da pesquisa esteve voltado para o mercado automotivo no contexto nacional, mais precisamente, para as configurações do mercado com base nos arranjos institucionais que viabilizam sua existência, desde suas origens, e para o conteúdo das formas de regulação formais e informais, que regulam as relações sociais de troca. Para tanto, foram coletados dados junto a duas fontes principais: 1) um banco de dados (Apêndice A) sobre o tema, elaborado pelo autor, a partir de fontes secundárias (portais de

notícias especializados, relatórios de conjuntura, anuários do setor automotivo, estudos sobre políticas públicas, leis e decretos federais); e 2) entrevistas semiestruturadas realizadas, entre agosto de 2017 e fevereiro de 2019, com atores do mercado nacional (montadoras, agências reguladoras, sindicatos trabalhistas, associações de proprietários, associações de profissionais e associações de promoção do veículo elétrico). Esses dados foram categorizados e analisados de forma a produzir um panorama sobre a evolução das formas de regulação formalmente instituídas e consideradas, garantidas por aparato administrativo, tais como leis, normas, acordos e regras, e as formas de regulação não formais, como convenções, hábitos, costumes e entendimentos compartilhados, do mercado automotivo nacional.

Por fim, a pesquisa voltou-se para a análise das redes de inovação selecionadas à luz dessa configuração do mercado automotivo. Conforme mencionado, as referidas iniciativas foram selecionadas em função de sua relevância e abrangência no contexto nacional. A partir da investigação das propostas, foi realizado um mapeamento prévio dos atores envolvidos, seus papéis e conexões na rede. Com base nesse mapeamento, foram realizadas entrevistas com os principais atores das redes. Usando a abordagem de redes egocentradas (HANNEMAN; RIDDLE, 2005), essas entrevistas buscaram apreender como esses atores se relacionavam com a iniciativa, seus objetivos e interesses, as parcerias estabelecidas e os principais desafios e resultados alcançados em termos das mudanças para a introdução do automóvel elétrico (Apêndice B).

No total, foram realizadas 22 entrevistas com representantes de: empresas de tecnologia, empresas de geração de energia, empresas de distribuição de energia, montadoras, startups, agências reguladoras, administrações municipais, parques tecnológicos, institutos de pesquisa, universidades e associações de promoção do veículo elétrico. As representações gráficas das redes foram realizadas com o auxílio de um *software* de análise e mapeamento de redes (*Graph Commons*) e levaram em consideração a natureza dos nós, os tipos de ligação e a estruturas da rede.

Os resultados são redes heterogêneas, compostas por diferentes tipos de atores sociais, alguns já consagrados da economia da inovação, como empresas, universidades e administrações públicas, mas também algumas organizações híbridas, como parques científicos, institutos de pesquisa, empresas de capital de risco (ETZKOWITZ, 2009) e atores não convencionais, como associações profissionais, grupos de usuários e organizações não

lucrativas. Os tipos de relação e as formas de articulação das redes também se mostraram heterogêneas, com conexões operacionais, financeiras, de gestão e de produção bem centradas e definidas, outras, porém, marcadas pela existência de disputas internas e interesses conflitantes.

Alicerçadas na configuração dessas redes, foram realizadas análises no sentido de captar as dinâmicas de funcionamento das redes, mais precisamente, captar como os nós se articulavam entre si, na tentativa de superar os bloqueios estabelecidos e promover mecanismos de indução à inovação. Essa análise buscou apreender, também, as dinâmicas de articulação de interesses complexos da rede e a articulação de competências diversas, ao longo do tempo, em busca de complementariedade e robustez.

Essa perspectiva sobre a dinâmica evolutiva da rede possibilitou acompanhar o caráter processual, retroativo e sujeito à contingência da inovação. Porém, outra forma complementar, empregada para analisar as redes de inovação, foi estabelecer, sobre os atores e suas relações, um olhar sincrônico, o qual contribuiu delineando uma imagem geral dos atores envolvidos, em todos os momentos descritos, ao longo da evolução da rede e, por consequência, auxiliou na compreensão de sua abrangência e da forma como esses atores se relacionam com o quadro institucional e as formas de regulação dos mercados concretos, atuando no sentido de alterá-las ou alinhar-se a essas regulações.

A estrutura da tese segue, basicamente, a proposta da metodologia de pesquisa. Após o capítulo introdutório, o Capítulo 2 dedica-se a uma reflexão teórica sobre o processo de produção social da inovação. Para tanto, o capítulo recupera e mobiliza parte do debate teórico sobre mudança tecnológica e inovação, dialogando criticamente com as principais abordagens existentes sobre o tema e construindo as bases que servirão de arcabouço teórico para a pesquisa. Daí, são extraídos o enfoque e os pressupostos teóricos adotados no estudo para fundamentar a definição empregada no conceito de inovação econômica, central para a discussão empírica dos capítulos posteriores.

Antes disso, porém, o Capítulo 3 opera como um espaço de transição entre a teoria e a empiria. Nele são estabelecidos e descritos os conceitos que constituem o modelo de análise produzido para investigar o processo de inovação, seus atores e relações, no interior de contextos de disputa comercial e tecnológica regulados por normas, hábitos e instituições e permeados por dinâmicas de incentivo e resistência. Os referidos conceitos são: arranjos

institucionais e mercados concretos; redes de inovação; e mecanismos de indução e bloqueio à inovação.

A partir da fundamentação dos referidos conceitos, os capítulos seguintes voltam-se para a investigação da trajetória tecnológica do automóvel elétrico, suas disputas e consequências, e para análise dos contextos onde ocorreram os processos de produção social deste veículo. O Capítulo 4 aborda mais diretamente este percurso, recuperando os elementos envolvidos nas disputas do passado até as recentes alterações nos mercados automotivos internacionais e a emergência das estratégias econômicas baseadas em energias renováveis, ditas verdes. A seguir, o Capítulo 5 volta-se para a análise dos arranjos institucionais que conformam o mercado automotivo nacional, as formas de regulação das relações sociais neste espaço de disputa e suas transformações ao longo do tempo.

No Capítulo 6, analisam-se as redes de inovação formadas a partir das iniciativas selecionadas. O objetivo deste capítulo é descrever e analisar as redes de inovação, suas dinâmicas de articulação e evolução, com base nas relações estabelecidas no interior dos mercados concretos. Dessa forma, a análise busca explorar como as variadas configurações das redes, por intermédio de mecanismos de indução ou bloqueio à inovação, se relacionam com as alterações nas normas e hábitos do mercado automotivo nacional.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentados os principais resultados da pesquisa, de forma a evidenciar a complexidade, a diversidade e a contingência do processo de produção social do automóvel elétrico no contexto brasileiro, o papel das redes na busca por alteração nas regulações dos mercados concretos e algumas sugestões de análises futuras.

2. PRODUÇÃO SOCIAL DA INOVAÇÃO

O conhecimento científico repercute, reflexivamente, no debate público e nas práticas sociais. Nessa dinâmica recursiva, é comum a disseminação de conceitos das ciências sociais no vocabulário coloquial, sendo utilizados à exaustão. Contudo, é provável que nessa reentrada dos conceitos científicos nos próprios contextos analisados, os sentidos rigorosamente definidos do conceito fiquem pelo caminho e passem a ser utilizados de forma menos precisa e, muitas vezes, desprovida de relação com o seu significado original. Esse pode ser considerado o caso do conceito de inovação, nos dias de hoje, quando o termo passou a ser empregado por governos, empresas e diferentes organizações sociais de forma indiscriminada, como algo necessariamente positivo e como um fim em si mesmo.

Tendo em vista esse uso difuso e pouco preciso do conceito, o presente capítulo destina-se a apresentar a discussão teórica que fundamenta a definição do conceito de inovação utilizada na pesquisa. Essa definição é central, pois o conceito é acionado para auxiliar na compreensão do processo de implementação de uma novidade tecnológica, o automóvel elétrico, no contexto nacional. Uma inovação que surge como uma possível resposta às recentes pressões e problemas vinculados às mudanças climáticas e à mobilidade urbana. Para tanto, investigaram-se definições históricas do conceito de inovação, bem como suas correlações com formulações sobre fenômenos similares, a fim de apresentar suas transformações no tempo e as implicações teóricas nelas envolvidas.

A primeira seção destina-se a apresentar a evolução histórica do conceito, desde suas origens político-sociais, sua relação com a noção de mudança tecnológica na visão dos clássicos das Ciências Sociais, até sua retomada a partir da contribuição de Schumpeter. A seção seguinte volta-se para as recentes mudanças nos entendimentos sobre inovação e para a análise das principais linhas modernas de interpretação sobre o fenômeno, começando pelas leituras mais funcionalistas e lineares, até as perspectivas mais sistêmicas e interativas. Entre essas últimas, destacam-se e aprofundam-se, na terceira seção, as abordagens de redes de interação aplicadas à inovação, suas diferenças, semelhanças e contribuições para a presente pesquisa. Por fim, na última seção do capítulo, descreve-se e define-se o conceito de inovação econômica, mobilizado na investigação, os momentos de sua implementação e suas relações com os mercados concretos.

O referido conceito de inovação econômica, bem como sua relação com as abordagens relacionais de redes de interação, é elemento essencial para as análises das iniciativas voltadas para a implementação do automóvel elétrico no Brasil. Como será explorado nos capítulos seguintes, o conceito de inovação não se restringe à pesquisa e ao desenvolvimento de novas soluções e tecnologias. Apesar de importante, essa é apenas uma das etapas do processo e não implica necessariamente a inserção bem-sucedida da novidade tecnológica. Portanto, entende-se a inovação como um processo complexo e coletivo de produção e implementação da novidade em um contexto previamente organizado e regulado, o que significa possíveis resistências ou estímulos à novidade e a necessidade de articulação dos atores interessados na inovação para sua implementação, podendo-se criar novas regras e normas de mercado. Com base nessa perspectiva, a construção teórica do processo de produção social da inovação, suas dinâmicas e momentos, torna-se fundamental para a compreensão das iniciativas voltadas para o automóvel elétrico no contexto brasileiro.

2.1. MUDANÇA TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO

Atualmente, a ideia sobre a necessidade de inovação pode ser considerada um consenso entre gestores públicos e privados. Seu sentido encontra-se amplamente difundido e naturalizado como algo positivo, como algo vinculado ao progresso econômico e social, como uma meta desejável e oposta aos modos arcaicos e obsoletos de produção e consumo. Isso se deve, em parte, à associação entre a inovação e o desenvolvimento tecnológico de novos produtos, novos processos produtivos e as supostas vantagens competitivas envolvidas no atual momento do modo de produção capitalista. Nesse contexto, inovar tornou-se palavra de ordem para empresas, nos mais variados setores da economia e dos governos de todas as dimensões e orientações. Um exemplo disso pode ser encontrado no recente "Plano de Ação para a Inovação", acordado pelos países do G20, em sua Cúpula de Hangzhou, em setembro de 2016.

Além desse consenso em torno do papel da inovação no desempenho econômico e na formulação de políticas públicas para a solução de problemas, a crescente relevância do conceito de inovação pode ser percebida, também, na bibliografia acadêmica. Estudos como o realizado por Fagerberg, Fosaas e Sapprasert (2012) apontam para o expressivo

crescimento de publicações científicas abordando o tema da inovação ao longo do século passado e, principalmente, no início do atual.

Devido ao caráter essencialmente limítrofe e multifacetado do tema, os *Innovation Studies* tendem a extrapolar as fronteiras das disciplinas acadêmicas tradicionais, abarcando uma série de contribuições de diversas áreas do conhecimento científico, tais como a Economia, Engenharias, Geografia, Administração e Sociologia. Apesar desse caráter interdisciplinar, a Sociologia não desempenha um papel de destaque na construção recente do campo (RAMELLA, 2013). Ausência que não se justifica por falta de contribuições sociológicas seminais, uma vez que existe uma longa tradição de estudos sociológicos que abordam o tema da inovação. Novas comunidades de pesquisa, eventos, associações de profissionais e revistas sobre o tema, também são indícios da crescente relevância da inovação para a comunidade acadêmica (FAGERBERG, 2013).

Porém, a inovação nem sempre foi encarada de forma positiva. Segundo Godin (2008; 2015), durante muito tempo, o termo inovação foi associado a um significado pejorativo, servindo, inclusive, de arma linguística aos opositores das mudanças em disputas políticas e religiosas. Para o autor, a conotação negativa do conceito vem desde a Antiguidade, quando era predominantemente associado à subversão, a mudanças indesejadas nas ordens estabelecidas, conotação que teria sido reforçada em momentos históricos de grande disputa por transformações sociais, como a Reforma Protestante e a Revolução Francesa. De acordo com Godin (2015), tanto os reformadores protestantes, quanto os republicanos franceses eram acusados de serem inovadores sem que houvesse uma apropriação do termo ou uma leitura positiva por nenhuma das partes.

A virada de sentido relativo à inovação só teve início em meados do século XIX, quando a conotação positiva, vinculada ao progresso, passou a conviver com a negativa, associada à maquinação política e ao insulto ao opositor desviante. O filósofo inglês Jeremy Bentham registra esse momento ambíguo da inovação no seu “Livro das Falácias”:

Mas melhoria significa algo novo e a inovação também. Felizmente para o seu propósito, a inovação contraiu um mau senso; significa algo que é novo e ruim ao mesmo tempo. A melhoria, é verdade, ao indicar algo novo, indica algo bom ao mesmo tempo; e, portanto, se a coisa em questão é boa e também nova, a inovação não é um termo apropriado para ela. No entanto, como a ideia de novidade foi a única ideia originalmente ligada ao termo inovação, e a única que é diretamente expressa na etimologia da mesma, você ainda pode se aventurar a empregar a palavra inovação, uma vez que nenhum homem pode prontamente e

imediatamente condenar sua denominação por se imprópria. (BENTHAM, 1824, p.218, tradução nossa).

Essa passagem ocorreu gradualmente e, não por acaso, teve como pano de fundo uma época marcada pela transformação nas formas de compreender a relação com o passado e com as tradições. Até então percebida como uma mudança essencialmente negativa, a inovação passa a ser lida como algo neutro, que pode ser tanto bom quanto mau, dependendo do conteúdo e do sentido da mudança. Isto é, nessa avaliação, o passado deixa de ser a principal referência possível e necessária e o futuro passa a ocupar um espaço importante.

Não obstante, é no seio da Modernidade que o conceito de inovação começa a ser entendido como um meio para o progresso. Os pares de opostos tradição/inovação, conservação/ transformação passam a fornecer um quadro comum para a compreensão das mudanças em curso nesse conturbado período. Um dos exemplos mais claros dessa percepção é a contraposição que Auguste Comte (1978) propõe entre dois instintos fundamentais dos homens, o “*esprit de conservation*” [espírito de conservação] e o “*esprit d’innovation*” [espírito de inovação], na tentativa de compreender a dinâmica da transformação social e explicar o progresso social como o resultado do último instinto.

Logo, a resignificação da inovação estaria vinculada a certa reflexividade linguística sobre o termo, mas também a um projeto sociocultural de revisão radicalizada das convenções à luz do conhecimento renovado, que seria aplicado em muitos aspectos da vida humana, inclusive na intervenção tecnológica no mundo material. Ou seja, a passagem gradual da inovação para algo intrinsecamente positivo só faz sentido em um contexto em que a revisão contínua e sistêmica das práticas e formas estabelecidas de organização, à luz do conhecimento sobre estas mesmas práticas, torna-se algo legítimo e institucionalizado (GIDDENS, 1995).

Em uma sociedade em que a ordem é a norma e a tradição é a autoridade máxima, o conceito de inovação opera como um comportamento desviante em relação à ordem estabelecida e sagrada. Logo, um inovador é visto como alguém que toma a liberdade de introduzir algo próprio no mundo, de forma herética, contrariando a ordem, a tradição e a ortodoxia estabelecidas (GODIN, 2015). Nestes termos, a inovação só passa a ser algo tolerável ou desejável, quando se encontra apoiada em outros conceitos modernos, como

progresso ou evolução, os quais se baseiam em expectativas contínuas sobre o futuro e como ele deveria ser.

Porém, é somente no século XX que, de fato, ocorre a reversão completa da representação do conceito de inovação, a qual se deve, em parte, à progressiva associação entre o termo inovação e a introdução de novidades tecnológicas em contextos socioeconômicos. Após a Segunda Guerra Mundial, a inovação passa a ser difusamente compreendida como inovação tecnológica, como uma invenção posta em prática e comercializável, vinculada ao desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1997) e capaz de reduzir atrasos ou falhas na produtividade e elevar a competitividade de países e empresas. Com isso, as organizações internacionais e os governos, gradualmente, passaram a perceber a inovação como uma solução para seus problemas econômicos e como uma forma de ampliar sua competitividade nos mercados internacionais. A consequência dessa percepção sobre inovação foi a elaboração de estudos e políticas públicas voltadas para a criação de condições e estímulos adequados à inovação industrial (OECD, 1966), transformando, assim, a inovação, em um conceito básico de política econômica.

Conforme ressalta Godin (2015), até esse momento, o conceito de inovação não era associado a aparatos tecnológicos ou a desenvolvimentos científicos. Além disso, até a segunda metade do século passado, as próprias políticas de incentivo à ciência e ao desenvolvimento tecnológico não eram associadas ao termo inovação (ELDER; FAGERBERG, 2017). Foi necessária uma verdadeira “virada conceitual” para que a inovação pudesse transformar-se em um valor básico da sociedade moderna, um imperativo econômico e social.

Isso não quer dizer que antes não houvesse estímulos governamentais ou estudos sobre o desenvolvimento tecnológico e seus efeitos na sociedade. Muito antes de o conceito inovação ser associado à novidade tecnológica, pensadores sociais, historiadores e economistas já se debruçavam sobre o tema da mudança tecnológica, suas origens e consequências. Uma das primeiras abordagens sobre o tema, para além dos clássicos registros baconianos sobre a relação entre o conhecimento científico e o desenvolvimento de novas técnicas e aparatos que possibilitam um maior controle sobre a natureza⁹, pode ser

⁹ A própria noção de tecnologia, ao se diferenciar da técnica como a transformação da natureza pelo homem com base em conhecimentos científicos, é essencialmente moderna (CUPANI, 2004).

encontrada na conhecida obra de Adam Smith de 1776, “Uma Investigação Sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações”.

Ao abordar a questão da produtividade, Smith sugere uma relação entre a especialização produtiva e a invenção de novas máquinas específicas para determinadas funções. Segundo o economista escocês, a divisão do trabalho em funções específicas possibilitou que os próprios trabalhadores especializados introduzissem melhorias graduais no maquinário com o qual atuavam diretamente promovendo, assim, um aumento da produtividade. Uma segunda fonte dessas melhorias de maquinário é o surgimento de uma outra figura especializada que, gradualmente, passa a ser valorizada e reconhecida socialmente: são os construtores, inventores de máquinas e equipamentos que possuem um trabalho mais especulativo, de observar e combinar elementos novos com base no empirismo científico (SMITH, 2009).

Neste primeiro momento, o termo inovação não é utilizado na análise para captar a mudança tecnológica, descrita apenas em termos de melhorias no maquinário e aparecendo vinculada a uma modalidade específica de organização social e econômica do processo produtivo. Isto é, a divisão do trabalho especializado, em um contexto capitalista – baseado na competição entre muitos produtores e na total mobilidade de todos os fatores de produção (terra, trabalho, capital) – favoreceria o desenvolvimento de melhorias no maquinário, aumentaria a produtividade e, conseqüentemente, a riqueza das empresas e das nações.

Outro autor que fornece uma importante base para se pensar a mudança tecnológica e sua relação com a organização da produção, porém através de uma perspectiva muito menos positiva, é Marx. Na concepção marxista da história, as forças produtivas são a base de toda a história da humanidade, as quais, inclusive o legado tecnológico das gerações anteriores, encontram-se sempre relacionadas às relações sociais de produção. Na verdade, o papel da tecnologia, na definição das forças produtivas é tão relevante para a concepção materialista da história, que são notórios os clássicos debates sobre o determinismo econômico e as relações entre estrutura e superestrutura (ENGELS, 1978). Ainda assim, a contribuição de Marx e Engels, para o debate sobre mudança tecnológica no modo de produção capitalista, continua sendo fundamental para a compreensão de sua dinâmica.

Numa das mais famosas passagens do Manifesto do Partido Comunista, Marx e Engels (1998) descrevem, como condição de existência da burguesia, o imperativo de

revolucionar, incessantemente, os instrumentos de produção e, com isso, todas as relações sociais. Esse aspecto revolucionário não estaria vinculado apenas à necessidade de produção de valor excedente, baseada na exploração da força de trabalho e no aumento da capacidade produtiva, mas também, à dinâmica concorrencial e expansionista do próprio sistema capitalista. Para Marx (2017), a principal maneira de as empresas capitalistas se manterem competitivas era aumentar a produtividade introduzindo máquinas novas e mais eficientes. As empresas que conseguissem introduzir uma tecnologia nova e mais eficiente tenderiam a melhorar sua posição competitiva, sendo recompensadas pelos lucros acima da média, as demais perderiam lucros, sendo, eventualmente, eliminadas do mercado. Isso faria da mudança tecnológica e do progresso científico, elementos centrais nessa disputa e, conseqüentemente, na transformação dos meios de produção e das relações sociais.

Em relação à divisão do trabalho e à divisão técnica na indústria, diferentemente de Smith, Marx ressalta o caráter contraditório e conflituoso de sua aplicação no modo de produção capitalista. A divisão especializada do trabalho capitalista provoca um processo de desqualificação radical dos produtores não possuidores dos meios de produção (artesãos/trabalhadores), o que gera alienação e dificulta o desenvolvimento de sua capacidade criativa. Na perspectiva de Marx, de fato, a superação do capitalismo exigiria também a superação da divisão do trabalho, especialmente a do trabalho manual e intelectual. Além disso, a aplicação da ciência ao processo produtivo capitalista, no contexto das grandes fábricas mecanizadas, teria transformado o operário em um insignificante apêndice das máquinas.

Portanto, a posição de Marx sobre as conseqüências da divisão do trabalho e da implementação de novos aparatos tecnológicos, no processo produtivo capitalista, longe de expressar uma concepção neutra ou positiva, ressalta a dimensão conflituosa dos avanços tecnológicos e sua aplicação na indústria, processos que, necessariamente, comportam tensão e se enquadram no interior de relações de poder, as quais tendem a desencadear dinâmicas de conflito.

Logo, trata-se de duas abordagens clássicas e distintas sobre o processo de mudança tecnológica no contexto capitalista, as quais fomentaram o desenvolvimento de diferentes disciplinas. Enquanto o liberalismo de Smith percebe a melhoria e a concepção de novas máquinas específicas para determinadas funções como um produto da divisão do trabalho – fonte de riqueza e aumento da produtividade, graças ao aumento da destreza dos

trabalhadores especializados e redução do tempo de trabalho necessário – Marx sugere que o desenvolvimento das forças produtivas capitalistas é impulsionado pela competição tecnológica entre as empresas, porém, isso não beneficia todas as classes sociais na mesma medida. Ou seja, para Marx, tanto o desenvolvimento tecnológico quanto a especialização excessiva de trabalho tendem a empobrecer ao invés de enriquecer as qualificações profissionais, reduzindo a vontade subjetiva dos trabalhadores e alienando-os da produção.

Apesar das perspectivas distintas em relação aos impactos dessas mudanças tecnológicas, os dois autores vinculam o avanço destas mudanças ao modo de produção capitalista, à natureza competitiva das empresas no mercado e à mobilidade dos fatores de produção. Além disso, ambos se referem ao processo de introdução de novas técnicas e máquinas na produção industrial capitalista sem utilizar o conceito inovação.

Grande parte dos desdobramentos posteriores desses estudos, tanto na Economia quanto na Sociologia, seguiram abordando o tema da mudança tecnológica sem tratar diretamente do conceito de inovação. Esse é o caso de uma parte expressiva dos economistas neoclássicos, como Walras e outros marginalistas, que compreendiam os fluxos de novos conhecimentos e invenções como fatores externos ou residuais, em relação ao arcabouço dos modelos econômicos ortodoxos – baseados na flutuação da oferta e da demanda de bens e serviços. É o caso também de parte dos estudos da teoria crítica, que trataram do papel central da tecnologia e do progresso técnico-científico na dominação tecnocrática e na manutenção do modo de produção capitalista, ao encarnar valores antidemocráticos vinculados ao controle e à eficiência (MARCUSE, 1964).

Com isso, o conceito de inovação, como algo associado ao progresso tecnológico, só passa a ganhar força com a recuperação das teses Schumpeterianas sobre desenvolvimento econômico. Tributário tanto da vertente neoclássica, quanto da economia histórica alemã, Schumpeter (1997) mobiliza, também, a dinâmica concorrencial tecnológica marxista para explicar o desenvolvimento econômico (mudanças qualitativas) como um processo gerado pelo próprio sistema econômico. Isto é, não o considera como produto de fatores externos, cujas forças de equilíbrio do mercado teriam de absorver a fim de alcançar um estado estacionário, mas como mudanças endógenas ao sistema econômico, produzidas no interior da lógica concorrencial capitalista.

Schumpeter (1961) distingue essas mudanças qualitativas que são capazes de provocar discontinuidades no sistema econômico (desenvolvimento econômico), do fluxo

circular de acumulação econômica regular cuja lógica é contínua e incremental, sem modificar o quadro das condições dadas (crescimento econômico). Para o economista heterodoxo, a origem do desenvolvimento econômico está na realização de novas combinações de materiais e forças na produção de bens, algo que, mais à frente, na “Teoria do Desenvolvimento Econômico” (1997) será chamado de inovação.

Portanto, Schumpeter desenvolve e amplia a tese da competição tecnológica marxista não apenas ao criticar a exclusividade da concorrência dos preços na dinâmica econômica, mas também ao deslocar a mudança tecnológica para o centro da explicação sobre a força motriz do sistema econômico capitalista.

Mas, na realidade capitalista e não na descrição contida nos manuais, o que conta não é esse tipo de concorrência [preços], mas a concorrência de novas mercadorias, novas técnicas, novas fontes de suprimento, novo tipo de organização (a unidade de controle na maior escala possível, por exemplo) — a concorrência que determina uma superioridade decisiva no custo ou na qualidade e que fere não a margem de lucros e a produção de firmas existentes, mas seus alicerces e a própria existência (SCHUMPETER, 1961, p.108).

Todavia, conforme sugerido no excerto textual transcrito, as novas combinações não dizem respeito, exclusivamente, a inovações no processo (mecanização) como apontavam Marx (2017) e Smith (2009), mas ao desenvolvimento de novos produtos, à introdução de novos tipos ou qualidades de matérias-primas ou produtos intermediários, à criação ou exploração de novos mercados e às novas formas de organizar negócios (SCHUMPETER, 1997). É precisamente nessa concepção que o termo inovação passa a ser associado, não apenas a novos processos produtivos e organizacionais, impulsionados pela competição tecnológica, mas a novos produtos e mercadorias. Isto é, a inovação passa a dizer respeito a novas técnicas, novos tipos de organização, abertura de novos mercados e novos produtos introduzidos no sistema econômico. Mais do que isso, uma vez que essa dinâmica concorrencial se estabelece no modo de produção capitalista, a inovação passa a ser concebida como o motor do desenvolvimento econômico.

Diferente da concepção pejorativa de inovação política ou religiosa do passado, a inovação passa a ser entendida como a inserção de novidades no sistema econômico e como fonte de desequilíbrio e descontinuidade que leva a um novo ciclo econômico; como mudanças tecnológicas e organizacionais que revolucionam incessantemente a estrutura

econômica por dentro, destruindo o antigo e criando o novo incessantemente, num processo de contínua “destruição criativa” que caracteriza o capitalismo moderno.

Não por acaso essa mudança conceitual tem como pano de fundo um período em que se intensificam a interdependência e a competitividade entre países, e o uso de novas tecnologias passa a ser considerado fator decisivo na disputa internacional. A partir dessa mudança de concepção, a aproximação entre ciência, técnica e produção passa a ser, sistematicamente, institucionalizada e buscada como meta integrada à política pública de Estados, municípios e regiões (OECD, 1997).

Com a intensificação dos fluxos de comércio e informação, possibilitada pela introdução de novas tecnologias da informação e comunicação e pela redução das barreiras comerciais, a inovação, entendida como desenvolvimento de novos produtos e processos, tornou-se um conceito básico de política econômica. Em questão de poucas décadas, a política científica muda para a política de tecnologia, que depois muda para a política de inovação, e os indicadores de ciência e tecnologia passam a atuar como novos indicadores de inovação (GODIN, 2015). Nessa passagem, a dinâmica de atuação do conhecimento sobre o próprio conhecimento, voltada principalmente para o desenvolvimento de inovações tecnológicas, torna-se tão relevante que alguns autores se referem a um novo modo de desenvolvimento informacional (CASTELLS, 2005).

Nesse novo contexto de constantes mudanças e transformações, em que a concepção de novidades tecnológicas e econômicas passa a ser vista como um elemento central do desenvolvimento, a inovação transformou-se em uma panaceia para todos os problemas socioeconômicos. Em parte isso ocorre, pois inovação passou a ser associada, quase que exclusivamente, à esfera econômica. Mais do que isso, passou a ser associada à economia de mercado, como algo necessariamente positivo, vinculada ao progresso e ao lucro, transformando-se de um meio para determinado fim, para um fim em si mesmo.

Porém, conforme será detalhado mais à frente, a inovação é um fenômeno social complexo, perpassado por uma série de contingências e contradições que envolve, necessariamente, o sistema econômico concreto em que está inserido, isto é, o sistema econômico substantivo, com suas variadas e históricas formas de produção, distribuição e consumo, que vão muito além da troca impessoal no livre mercado. Portanto, ainda que a inovação seja intimamente vinculada à dinâmica de concorrência no mercado, principal forma de distribuição de bens e serviços na sociedade capitalista, ela não se limita à

concepção de mercado neoclássica e não implica necessariamente em progresso ou na produção de bem-estar social.

Essa diferenciação tributária dos estudos de sociologia econômica é importante, pois permite desnaturalizar concepções mais espontâneas de inovação – como um fim em si mesmo – e explorar os seus vínculos com aspectos mais amplos e complexos, relativos à origem dos problemas, à mudança social e às dinâmicas de contestação e aceitação social das inovações. Em casos específicos, como o do automóvel elétrico, esses aspectos auxiliam na compreensão das motivações e interesses dos atores envolvidos que se estendem, muitas vezes, para além do monetário e abarcam valores, concepções de mundo e disputas por posições na ordem social. Mas também auxiliam na análise de transformações no interior do próprio sistema econômico, tais como a reconfiguração das relações de poder e o surgimento de novas modalidades de consumo (compartilhado), distribuição (novos mercados) e produção (colaborativa) de inovações. Essas transformações afetam a inovação e seu processo, pois se relacionam diretamente à forma como a novidade é concebida, buscada, aceita e difundida, em suas diferentes materialidades e contextos.

Em resumo, longe de limitar-se ao aumento da produtividade mediante a introdução de melhorias técnicas, a inovação envolve um contexto socio-institucional capaz de dar sentido à novidade. No caso dos estudos precursores de Smith (2009) sobre a origem da riqueza das nações, ressalta-se o contexto que tornou possível a expansão contínua do mercado e uma organização específica do processo de produção voltada para a introdução dessas novidades tecnológicas. Porém, como afirma Marx, este processo não é isento de conflitos e contradições, pelo contrário, a introdução de novidades tecnológicas no processo produtivo tende a gerar alterações nas relações de poder e produzir dinâmicas de conflito.

Ao trazer a mudança qualitativa para o centro motriz do sistema econômico capitalista, Schumpeter estende a noção de inovação e os conflitos envolvidos para além das transformações produtivas e, com isso, traz para a análise do fenômeno as consequências da aplicação da inovação no mercado. Dessa forma, a inovação passa a ser concebida como um processo social de introdução de novidade na esfera econômica. Logo, um processo passível de encontrar resistências a sua realização – seja por interesses econômicos e posições de poder consolidadas, seja pela defesa de valores e crenças contrários à proposta inovativa – e que depende da capacidade dos envolvidos de superar essas oposições e criar consensos em torno de um projeto cujos resultados são perpassados pela incerteza.

Contudo, a forma como essas oposições são superadas, os atores envolvidos e os entendimentos sobre o processo não são estanques, pelo contrário, são fatores sujeitos à transformação e que foram objeto de intensos debates e abordagens teóricas ao longo dos últimos anos. Os referidos debates serão abordados na seção seguinte e são centrais para a compreensão do processo de implementação do automóvel elétrico no contexto nacional pois, trata-se de uma novidade tecnológica com grande potencial de transformação em diversos setores da economia nacional, cuja dinâmica de execução vincula-se a uma série de fatores técnicos e socio-institucionais, como disputas e resistências de diversas naturezas (tradadas de forma detalhada no Capítulo 5).

2.2. NOVOS ESPAÇOS E INTERPRETAÇÕES PARA A INOVAÇÃO

Um espectro de mudança ronda as formas consolidadas de produção e distribuição de bens e serviços nos mercados mundiais. Em resposta às recentes crises desencadeadas pelo próprio modo de produção capitalista expansionista, novas formas de produção e distribuição, novos valores e regimes de propriedade têm emergido e se apresentado como alternativas às concepções mais ortodoxas de mercado. Fenômenos até então não previstos pelas teorias macroeconômicas, como a possibilidade de exaustão dos recursos naturais, a transposição de limites não retornáveis pela expansão contínua do sistema econômico, os regimes de propriedade em que a escassez não faz sentido (propriedade intelectual) e o crônico descompasso entre crescimento econômico e qualidade de vida, têm provocado respostas variadas de diversos atores sociais em direção a noções de sustentabilidade, *openness* (livre acesso) e solidariedade.

Ainda incipientes e desconectadas, tais respostas expressam-se por meio de formas mais colaborativas e descentralizadas de produção, distribuição e consumo de recursos sociais, tais como a autoprodução domiciliar de energia elétrica (solar, eólica), plataformas de financiamento coletivo de projetos culturais, redes de compartilhamento de mídias digitais, produção colaborativa de *softwares* abertos, bancos de dados e enciclopédias compartilhadas (ABRAMOVAY, 2014), e por intermédio de mercados orientados por parâmetros éticos, como economia verde, economia solidária, economia circular, agricultura familiar e consumo responsável.

Contudo, tais mudanças só fazem sentido no interior de uma concepção não ortodoxa de mercado, isto é, mercado como algo diferente de uma esfera autônoma e formal em que os atores são motivados por razões exclusivamente utilitaristas no interior de um sistema abstrato de regulação perfeita entre oferta e demanda, mas como um espaço social de disputa, regulado por ordens sociais historicamente consolidadas, perpassado por atributos cognitivos, disposições e valores dos atores sociais que o perfazem.

É nesse sentido que uma abordagem de mercados, como espaços de ação concreta e contingente, permite perceber a emergência dessas novas culturas econômicas, que extrapolam o mecanismo de preços e a lógica de maximização dos lucros, integrando com maior ou menor “peso” diferentes lógicas de ação econômica. Essas respostas compartilhadas, junto à possibilidade de organização e interação via redes sociais, fundamentam culturas econômicas que tendem a pressionar o modelo centralizador de economia baseado, exclusivamente, na produção de demanda e na passividade do consumidor.

Não por acaso, essas configurações produzem novos espaços e critérios para inovação, inclusive em mercados como o automotivo, e possibilitam o surgimento de enfoques mais amplos que as tradicionais metas de crescimento econômico. Frederico Vasen (2016), num recente artigo sobre o que denomina de giro pós-competitivo, elenca, com base em políticas públicas e na bibliografia especializada, três novos tipos de orientações para as inovações: a) grandes desafios globais; b) inovação responsável para tecnologias emergentes; e c) inovação para a inclusão social. O que sugere a inovação como uma novidade vinculada a solução de problemas em contextos específicos.

Todavia, é relativamente recente essa percepção da dinâmica cultural e do ambiente social em que se desenrola o processo inovativo como algo relevante para o estabelecimento de novidades tecnológicas. Em suas origens, o debate sobre inovação tecnológica teve como base, abordagens lineares e funcionalistas do processo de inovação, as quais buscavam explicar as causas iniciais da atividade inovativa a partir de fatores isolados. Nesse debate, dois modelos principais se destacaram: o da demanda revelada “*demand-pull*” e o do impulso tecnológico “*science and technology-push*”. De um lado, a inovação era considerada uma resposta eficiente à demanda do mercado; de outro, a inovação era impulsionada pela oferta com base no desenvolvimento tecnológico (ALMEIDA, 2014). Ambos os modelos apostam numa leitura estrutural funcionalista da proposta de gradual autonomização das

esferas da vida social, a partir de uma racionalização das práticas, gerando campos específicos que, por seus objetivos e métodos, se especializariam e se diferenciariam dos outros.

Vinculada à teoria da utilidade marginal, a noção de mercado como uma esfera regida por uma lógica imanente considerava a racionalidade instrumental como forma de ação independente do meio social dos atores econômicos. Isso significa que o mercado era considerado um mecanismo eficiente e autônomo de trocas e ajuste de preços, no qual o contexto social era pouco ou nada relevante. Tal concepção deu origem a um modelo linear teórico de inovação puxado pela demanda (*demand-pull*). Segundo esse modelo, os produtores inovariam a partir de um conjunto de possibilidades baseado nas preferências dos consumidores e na dinâmica de eficiência relativa ao mercado. Todavia, esse modelo foi muito criticado por sua suposta incapacidade de explicar mudanças tecnológicas impremeditadas e radicais, pois não respondia, de maneira satisfatória, à impossibilidade de os consumidores demandarem algo ainda desconhecido (DOSI; SZLAK, 2006).

A partir do pós-guerra e dos investimentos aplicados em ciência e tecnologia, principalmente no setor de defesa, passou a predominar o modelo que creditava à ciência e à tecnologia, o impulso necessário para a inovação (*science and technology push*) (STOKES, 2005). De acordo com esse modelo, o processo de inovação dependeria de uma relação quase autônoma entre ciência, tecnologia e produção. Dessa forma, haveria uma lógica linear de desenvolvimento de inovações a partir de pesquisa de base, passando pela pesquisa aplicada, até o desenvolvimento experimental, quando seriam desenvolvidos os produtos e, finalmente, ofertados aos consumidores.

De fato, a ideia da ciência como uma atividade autônoma que possui uma lógica própria de desenvolvimento está intimamente vinculada ao modelo linear de difusão dos artefatos científicos e tecnológicos a partir de critérios técnicos. Tal relação não é gratuita, deriva de uma concepção de neutralidade do conhecimento científico e de superioridade da técnica que ignora toda uma série de fatores sociais. Segundo essa concepção, tudo se passa como se o cientista, guiado pela ética do desinteresse e pelo progresso científico, desenvolvesse, por intermédio de métodos objetivos, novos conhecimentos que dariam origem a produtos e aplicações tecnicamente superiores.

Esses artefatos, por seu turno, se difundiriam naturalmente, de forma arborescente, entre consumidores e usuários devido ao seu elevado grau de eficiência, potência,

desempenho, ou outro critério técnico. Em conformidade com essa lógica, os fatores sociais, tais como interesses e valores, seriam contaminações indesejadas aos processos, resultando em distorções na construção do conhecimento científico e na difusão de suas aplicações.

Tal perspectiva é tributária de uma interpretação cientificista do próprio conhecimento científico e de algumas leituras clássicas da Sociologia do Conhecimento. Segundo autores precursores no tema, como Robert Merton (1970), a ciência se estabeleceria como uma instituição social, parcialmente autônoma das outras instituições e regida por normas e valores próprios, o que garantiria seu funcionamento em termos de satisfação de produção de conhecimento válido. É nesse sentido que Merton (1970) estabelece os imperativos morais de universalismo, comunismo, desinteresse e ceticismo organizado que orientariam o comportamento dos cientistas e estruturariam a ciência como uma atividade social. De acordo com Mattedi (2004), Merton propõe uma relação parcialmente simétrica da dimensão institucional da ciência com o contexto social. Para o autor, o contexto social, e não o conteúdo do conhecimento científico poderia ser mobilizado para compreender a emergência e a disseminação desses valores, tal como nos seus estudos sobre o “ethos científico” na Inglaterra, no século XVII. Em outras palavras, o contexto social poderia afetar negativamente a produção do conhecimento científico, ao influenciar nas prescrições normativas que fundamentariam as práticas científicas, gerando um conhecimento distorcido, mas não poderia influenciar o conhecimento certificado.

Trata-se de uma perspectiva que tende a autonomizar a produção científica e o desenvolvimento tecnológico de outras esferas da vida social, atribuindo a estes fatores apenas o peso negativo em caso de insucessos. Tal compreensão, quando relacionada à inovação tecnológica, ou melhor, ao processo de desenvolver e introduzir novos elementos em um estado de coisas já estabelecido possibilita a emergência de um modelo que credita à ciência e à tecnologia, todo o impulso necessário para o desenvolvimento e o estabelecimento de inovações (*science and technology push*). De acordo com esse modelo, o desenvolvimento tecnológico dependeria de uma relação quase autônoma entre ciência, tecnologia e produção. Essa lógica linear de desenvolvimento de novos artefatos a partir de pesquisa de base, passando pela pesquisa aplicada, até o desenvolvimento, pode ser observada, em seus primórdios, no relatório *Science the Endless Frontier*, escrito no pós-guerra, pelo diretor do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento americano, Vannevar Bush (STOKES, 2005).

Tanto no modelo de impulso tecnológico, quanto na atração pela demanda, há uma lógica de prevalectimento de um fator sobre outros, a qual tende a criar uma dinâmica unidirecional no processo inovativo. Ambos baseiam-se na atuação de uma esfera relativamente autônoma e no vetor causal da inovação, impulsionada por fatores técnicos, ou por necessidades de mercado. No entanto, apesar de ainda permanecerem muito influentes no senso comum (STOKES, 2005), estes modelos lineares, gradualmente, perderam espaço para modelos mais interativos e análises mais sofisticadas de produção de tecnologia e inovação.

No campo das ciências econômicas, uma das abordagens que busca mais fortemente se contrapor a esses modelos baseados na demanda revelada ou no impulso da oferta, é a abordagem derivada das teorias schumpeterianas, também conhecida como economia da inovação. Fundamentada numa perspectiva sistêmica do processo inovativo, essa interpretação do desenvolvimento econômico entende a inovação como resultado de um complexo emaranhado de fatores integrados a um conjunto de sistemas vinculados e interligados. Reconhecida por recuperar as contribuições heterodoxas de Schumpeter, a referida abordagem tende a focar sua análise no papel central desempenhado pelas empresas, no aprendizado organizacional e na configuração institucional em que ocorre o processo de inovação.

De maneira geral, essa perspectiva destaca o papel da inovação como motor do desenvolvimento capitalista, isto é, o desenvolvimento de inovações como elemento disruptivo do crescimento econômico, como fator que estabelece um desequilíbrio, uma descontinuidade na forma de expansão econômica, por meio do desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos. Dessa forma, a introdução de elementos novos, capazes de transformar, radicalmente, uma série de atividades e setores econômicos, estabeleceria uma descontinuidade em relação ao momento anterior, dando origem a novos “paradigmas tecnológicos”, inserindo novas vantagens competitivas e criando novas possibilidades de mercado. Logo, a ênfase sobre a produção, o desenvolvimento da pesquisa e a tecnologia, assenta-se numa série de vantagens competitivas geradas para as economias (locais, nacionais) a partir da elaboração de novos produtos, tecnologias e processos, tal como o aumento da produtividade e o acesso a mercados protegidos por patentes.

Todavia, conforme sugere o próprio Schumpeter (1997) ao distinguir inventor de empreendedor-inovador, a inovação não se restringe à invenção. Invenção significa conceber

um novo produto ou processo, ao passo que inovar implica colocar em prática, pela primeira vez, essa nova ideia. Essa diferenciação sugere que a invenção pode permanecer confinada ao âmbito do conhecimento, enquanto a inovação envolve, necessariamente, as consequências de sua aplicação. Justamente essas consequências, no interior de uma lógica retroativa, são as que tornam a inovação algo que se estende para além de uma racionalidade marginal, maximizadora e calculadora da probabilidade de sucesso a partir de experiências do passado, pois trata-se de uma situação de incerteza, sujeita a falhas técnicas, à concorrência e à resistência dos atores envolvidos (RAMELLA, 2013).

Portanto, inovação é sempre um processo de introdução de novos produtos, novos conhecimentos, ou novos procedimentos produtivos, no interior de um contexto. Logo, é um processo relacionado a um meio que acaba produzindo consequências econômicas advindas dessa novidade. Nas palavras de Salerno e Kubota (2008, p.17) “inovação é um conceito que coaduna o novo com o mercado”, assim, supõe-se que a configuração dos mercados concretos, com seus problemas e desafios contextuais, influenciem na produção e aceitação de soluções específicas.

Longe de conformar um todo analítico coeso e fechado, essa perspectiva envolve um grupo de economistas heterodoxos (LUNDVALL, 2007, EDQUIST, 2001, FREEMAN; SOETE, 2008) que compartilham a crítica à concepção neoclássica de economia, a qual percebe os fluxos de novos conhecimentos, inovações e técnicas como *inputs* passíveis de serem adquiridos no mercado, e como fatores externos ao arcabouço dos modelos econômicos – baseado nos tradicionais insumos trabalho e capital e nas flutuações de oferta e demanda. Logo, trata-se de uma abordagem que confronta a linearidade do processo e busca tornar o progresso técnico endógeno ao modelo teórico do desenvolvimento econômico (OLIVEIRA, 2008).

Segundo essa perspectiva, a mudança técnica e o progresso tecnológico dependem de processos de aprendizagem que envolvem organizações, instituições e as relações entre estes componentes, integrando, assim, os denominados sistemas de inovação. Contudo, a definição desses componentes e sua delimitação não são consenso entre os autores da perspectiva (EDQUIST, 2001). Enquanto as organizações são mais tranquilamente entendidas como estruturas formais, tais como empresas, universidades e políticas públicas, as instituições podem ser concebidas como outras formas de organização, segundo Nelson e

Rosenberg (1993), ou como as regras do jogo (hábitos, rotinas, leis, práticas estabelecidas), em conformidade com Lundvall (2007).

Apesar dessas diferentes interpretações, essa abordagem compartilha do pressuposto da importância de outras relações que não as de mercado, para o desenvolvimento de inovações. Ou seja, reconhece a importância das transações de compra e venda para o processo de inovação, mas destaca também o papel de relações não mediadas por esse tipo de transação, relações de colaboração, de troca de conhecimento, de complementariedade, entre organizações e relações de enraizamento entre organizações e instituições. São estes componentes, sua conformação e suas relações que atribuem sentido ao conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI), geralmente formado por um conjunto heterogêneo de instituições e relacionado a um contexto econômico marcado por diferentes graus de coordenação e articulação.

A concepção de sistema nacional de inovação diz respeito a esse arranjo de organizações e instituições e à forma como ele se insere no âmbito internacional, suas metas, prioridades e objetivos definidos. Por seu turno, essa delimitação fomenta duas importantes críticas: a primeira, ligada à ampla adesão à perspectiva dos formuladores de políticas públicas, é o caráter supostamente normativo de um modelo de sistema capaz de garantir melhores fluxos de conhecimento, passível de ser aplicado em diferentes contextos nacionais, o que enfraqueceria o viés analítico da proposta e o potencial das contingências regionais no processo de inovação; a segunda, vinculada à primeira, diz respeito ao nível de análise proposto e à necessidade de construção de níveis intermediários, tais como o Sistema Setorial de Inovação (SSI) e o Sistema Regional de Inovação (SRI).

Ainda que alguns autores como Lundvall (2007) argumentem que as interações mais relevantes ocorram no nível nacional/internacional, parte significativa da bibliografia sobre desenvolvimento regional somou-se à demanda por níveis analíticos mais precisos para a compreensão dos processos de inovação. De maneira geral, entende-se que não apenas a interatividade e a complementaridade são importantes para a inovação, mas as externalidades não mercantis, decorrentes de efeitos de proximidade espacial, contribuem para o processo de aprendizagem (COURLET, 2015; TRIGILIA, 2007). Dessa forma, a aproximação geográfica possibilitaria a emergência de bens coletivos locais (tangíveis e intangíveis) que aumentam a competitividade e as chances de inovação de empresas situadas em determinados territórios. Os tipos de externalidades e sua relevância variam

conforme o autor, mas, em geral, são ressaltadas: as estruturas de educação e pesquisa, concentração de pessoal qualificado, conhecimentos acumulados e a existência de redes (formais e informais) de cooperação e confiança. Esses fatores concorrerem para a transmissão de conhecimentos e para a redução das incertezas do ato inovativo, isto é, para a criação de um meio em que a inovação é facilitada e estimulada.

Além do conceito de Sistemas Nacionais de Inovação, essa abordagem desenvolve e faz uso de outros importantes conceitos da chamada Economia Evolutiva¹⁰, na tentativa de compreender as mudanças tecnológicas no interior desses sistemas e sublinhar o caráter interativo do processo de inovação. Alguns desses conceitos, tais como dependência de trajetória, *lock-in*, regimes tecnológicos e inovações radicais, buscam estabelecer relações de interdependência entre o desenvolvimento da novidade tecnológica e outras dimensões econômicas e sociais ao longo do tempo. Isto é, visam a explorar os múltiplos fatores que fazem de uma tecnologia, um paradigma dominante e impedem o desenvolvimento de outras, tais como a sequência de eventos históricos (estratégias empresariais, questões técnicas, opções políticas) capazes de produzir, através do efeito bola de neve, a preferência por uma tecnologia específica. Essa sequência de eventos, também denominada trajetória tecnológica, enfatiza a interdependência entre os diferentes componentes do sistema tecnológico, as possíveis complementaridades e externalidades geradas no percurso, e as ligações com outras indústrias, tanto à montante quanto à jusante, no processo produtivo (COWAN; HULTÉN, 1996).

Percebe-se, nessa explicação, uma ruptura com os modelos lineares de inovação, que passam a perder espaço para a análise das estratégias, das formas de organização institucional das empresas e do contexto econômico nacional em que se inserem. Isto é, a inovação tecnológica deixa de ser o resultado espontâneo de impulsos iniciais e passa a ser entendida como um processo de aprendizagem e de cooperação entre empresas e outras instituições. Apesar dos esforços nesse sentido, essa abordagem, ao ressaltar uma visão institucionalizada e predefinida do papel dos agentes (RAUEN; VELHO, 2010), tende a reduzir a influência de fatores sociais, como disputas por interesses e valores, no processo de produção e estabilização da inovação.

¹⁰ Termo que, apesar de cunhado por Thorstein Veblen, adquiriu seu sentido contemporâneo a partir de obras como “*An Evolutionary Theory of Economic Change*” de Richard R. Nelson e Sydnei G. Winter (1982).

Outra perspectiva, que também busca formular uma base mais interativa para a produção tecnológica, é a Construção Social da Tecnologia, ou *Social Construction of Technology* (SCOT). De acordo com esta perspectiva, tributária dos Estudos Sociais de Ciência e Tecnologia (ESCT), a tecnologia não possui uma lógica própria, capaz de determinar a ação humana, mas a ação humana molda e interfere nos desenvolvimentos da tecnologia. Além disso, as formas como uma tecnologia é usada não podem ser entendidas sem a compreensão de como essa tecnologia está inserida em seu contexto social.

Nesse contexto, a ideia de uma trajetória tecnológica, que leva a um paradigma tecnológico, deve ser compreendida não como uma regra, uma imposição causal necessária, mas como um recurso que pode ser usado de diferentes maneiras, de forma a desenvolver um paradigma. Isso sugere que o design de tecnologia é um processo aberto que pode produzir diferentes resultados, dependendo das circunstâncias sociais do seu desenvolvimento. Nas palavras de MacKenzie e Wajcman (1985, p. 11) “grupos de tecnólogos, em diferentes circunstâncias, frequentemente desenvolvem o mesmo paradigma de maneira diferente”. Segundo os autores, tal é o caso dos projetistas de mísseis americanos e soviéticos durante a Guerra Fria, que desenvolveram mísseis significativamente diferentes, apesar do uso compartilhado do V-2 como ponto de partida.

Para os estudiosos da SCOT, os artefatos tecnológicos seriam suficientemente subdeterminados para permitir múltiplos projetos possíveis, portanto, qualquer que seja o design que finalmente resulte do processo, ele poderia ter sido diferente (KLEIN, KLEINMAN, 2002). Isso se deve ao fato de que artefatos tecnológicos são produtos de negociações entre grupos sociais relevantes, os quais atuam como a personificação de interpretações particulares e acabam por determinar o fechamento e a estabilização das controvérsias tecnológicas em torno de um artefato específico, através de um processo denominado flexibilidade interpretativa.

O desenvolvimento tecnológico é um processo no qual múltiplos grupos, cada um incorporando uma interpretação específica de um artefato, negociam seu design, com diferentes grupos sociais vendo e construindo objetos bastante diferentes. Por exemplo, grupos podem ter diferentes definições de uma tecnologia de trabalho, então o desenvolvimento continua até que todos os grupos cheguem a um consenso de que seu artefato comum funciona. Design cessa não porque o artefato funciona em algum sentido objetivo, mas porque o conjunto de grupos sociais relevantes aceita que ele funciona para eles (KLEIN, KLEINMAN, 2002, p.30).

Esse fechamento ocorreria por intermédio de um processo de fixação de significados ao artefato, fazendo com que este se estabilize em sua forma final. Segundo Bijker (1987), existem dois tipos de mecanismos de fechamento: o fechamento retórico, através de uma declaração de que não existem mais problemas e que nenhum projeto adicional é necessário; e o fechamento por redefinição, quando problemas não resolvidos são redefinidos, de modo que não sejam mais percebidos como problemas para os grupos sociais relevantes. Nesse caso, grupos podem ter diferentes definições sobre uma dada tecnologia. À vista disso, o desenvolvimento continua até que todos os grupos cheguem a um consenso de que seu artefato comum funciona. O processo é interrompido não porque o artefato funciona em algum sentido objetivo, mas porque o conjunto de grupos sociais relevantes aceita que ele funciona para eles (KLEIN, KLEINMAN, 2002).

Os grupos sociais relevantes, por seu turno, atuam no interior de um enquadramento social (*framework*), isto é, um quadro cognitivo compartilhado, capaz de fornecer um objetivo, uma direção, à mudança tecnológica. Mais precisamente, esse enquadramento social ou paradigma tecnológico, molda o desenvolvimento da tecnologia, pois fornece diferentes objetivos, problemas-chave, teorias, regras práticas, procedimentos de teste e direções para o cálculo racional dos interesses envolvidos, sejam eles interesses econômicos ou militares.

Um exemplo do papel desse enquadramento pode ser percebido nos estudos sobre inovação na indústria soviética. Segundo MacKenzie e Wajcman (1985), assim como nos contextos capitalistas, aqui também é plausível supor que as pessoas (gerentes de fábricas soviéticas) faziam cálculos sobre o que servia a seus interesses econômicos. Porém, o quadro social desses cálculos – onde os preços eram estabelecidos pelos planejadores centrais do Comitê Estadual de Preços, em vez de sujeitos às oscilações do mercado – fez com que as inovações recebessem um estímulo diferente. Uma vez que o sistema de recompensas aos gerentes soviéticos dependia da quantidade de produção a curto prazo, o investimento em grandes mudanças qualitativas tornava-se uma escolha arriscada, com pouca probabilidade de recompensas. Logo, a mudança técnica, sua natureza e direção, seriam profundamente condicionadas por elementos sociais e econômicos.

Outro exemplo clássico da relevância da estrutura social no desenvolvimento de uma tecnologia é o caso do advento do moinho d'água e seu triunfo eventual, mas parcial, sobre o moinho manual na Europa medieval. No consagrado ensaio do historiador francês March

Bloch (1985) "*The watermill and the feudal authority*"¹¹ são descritas as diversas resistências encontradas pela tecnologia de moagem hídrica entre os camponeses ingleses. Isso porque a moagem centralizada nos moinhos d'água permitia que os senhores feudais exigissem taxas sobre o grão que era moído, enquanto os moinhos manuais domésticos eram impossíveis de monitorar e, dessa forma, as dívidas poderiam ser evadidas. O ensaio ilustra uma situação de disputa tecnológica, cujas diferentes posições, no interior da estrutura feudal, produziram diferentes interpretações sobre uma novidade tecnológica e permitiram uma maior sobrevivência ao moinho manual.

Contudo, apesar de introduzirem uma contingência social aos processos de produção e estabilização de novas tecnologias, grande parte das críticas direcionadas a essa abordagem ressaltam a ausência de elementos que auxiliem na compreensão dessa dinâmica de disputa. No referido caso do moinho d'água, por exemplo, não é possível assumir que os grupos sociais envolvidos fossem iguais. Antes, o relato narra os moinhos manuais e sua permanência clandestina como uma forma de resistência do grupo de camponeses estruturalmente dominados. Logo, a abordagem deixaria brechas ao não observar, adequadamente, a assimetria do poder entre os grupos em disputa, pois, a estabilização pode ocorrer de forma não consensual e alguns grupos podem ser, efetivamente, impedidos de participar do processo de design e fechamento da novidade tecnológica.

Uma terceira abordagem teórica sobre o processo de produção, difusão e utilização de novidades tecnológicas emerge quando a centralidade da análise passa do meio em que ocorre a inovação - seja ele um sistema, ou um contexto social onde atuam grupos relevantes - para a dinâmica relacional dos atores que operam numa rede de interações. Mais heterogênea e diversificada que os modelos anteriores, a abordagem relacional de redes caracteriza-se pela análise das ligações entre os atores envolvidos na inovação (organizações, empresas, universidades, pesquisadores, consumidores, agentes públicos, etc.), mais especificamente, desloca o foco das características das entidades e dos sistemas a que pertencem, para a configuração das relações e para os tipos de ligações realizadas.

Nesse sentido, as redes podem operar como canais por onde circulam informações e conhecimentos relevantes para o desenvolvimento de inovações, mas também como

¹¹ O referido ensaio foi publicado em uma importante coletânea, organizada por MacKenzie e Wajcman (1985) sobre o tema, denominada "*The Social Shaping of Technology*".

elementos estruturantes de relações de confiança, colaboração e disputa. Logo, as redes atuariam como meios para o compartilhamento de informações não redundantes, difusão de conhecimentos tácitos (não codificados), estabelecimento de formas de ação coordenada, mas também podem ser vistas como espaços de negociação e produção de consensos, ou até mesmo como um todo articulado e heterogêneo, responsável pelo estabelecimento da inovação, como no caso da teoria ator-rede.

O desenvolvimento dessa abordagem, que será detalhado na seção seguinte, vai ao encontro de uma concepção de ciência e tecnologia cada vez mais ampla, culturalmente situada e construída. Em outras palavras, uma concepção que leva em consideração os múltiplos atores envolvidos no processo, suas diferentes formas de associação em redes de configuração variável e os diversos interesses que os mobilizam. Com isso, vínculos internos e externos confundem-se, mais atores tornam-se relevantes para a escolha tecnológica e outros vetores surgem para a inovação, uma vez que esta pode ser pautada por escolhas e influências sociais (RAUEN; VELHO, 2010), como no caso de inovações voltadas para a inclusão social ou para questões ambientais.

2.3 REDES E ABORDAGENS RELACIONAIS

Embora apresentem o enfoque sobre as conexões entre os atores como seu principal ponto em comum, as diversas perspectivas, que podem ser aproximadas sob o marco da abordagem de redes, tem importantes diferenças teóricas, metodológicas e epistemológicas, as quais remontam às escolhas e influências diversas ao longo das trajetórias dessas escolas de pensamento. Entre estas, destacam-se, pelo menos, duas tradições no campo das ciências sociais: a Análise de Redes Sociais (*Social Networks Analysis* – SNA) e as abordagens de rede antropológicas.

Sugeridas por Knox, Savage e Harvey (2006), no artigo "*Social networks and the study of relations: networks as method, metaphor and form*", nenhuma das tradições constitui uma "corrente" integrada e harmônica. Trata-se, antes, de uma divisão baseada no uso das redes (como método e como metáfora) no interior dos territórios intelectuais distintos da sociologia americana e da antropologia social. No referido texto, são descritas as origens e os desdobramentos de ambas as escolas, de forma a ressaltar suas diferenças e estabelecer conexões entre seus problemas comuns. Não por acaso, apesar dos seus diferentes

percursos e variados braços, as duas abordagens desaguam na análise da produção de tecnologia e inovação, como será visto a seguir.

A tradição denominada Análise de Redes Sociais (ARS) pode ser mais bem definida como um conjunto compartilhado de métodos e técnicas para análise de redes, do que como uma teoria unificada. Mais estruturada e institucionalizada que a abordagem antropológica de redes – com realização de conferências próprias e organização de periódicos específicos – a ARS apresenta-se como um campo de estudos relativamente heterogêneo, marcado pela participação de pesquisadores de diferentes disciplinas, como sociólogos, psicólogos, cientistas políticos, matemáticos e biólogos.

A suposição básica da análise de redes sociais é que a análise dos padrões de conexão possibilita mapear relações estruturais geralmente opacas a atores leigos. Isto é, as redes sociais seriam socialmente estruturadas a partir de relações de proximidade, o que faz com que a distância social e, por consequência, o fluxo de informações, entre indivíduos varie conforme a estrutura de relações que liga os diferentes grupos sociais. A representação das relações, nessa rede, seria feita através de sociogramas de pontos e linhas, o que permitiria, com base em modelos matemáticos e na teoria dos grafos, precisar e analisar variáveis como graus de centralidade, níveis de estruturação (*clustering*), densidade, tipos de ligação, distância entre os nós e os vazios estruturais.

Granovetter foi um dos primeiros sociólogos a utilizar a análise de redes como um meio para mapear a estrutura social e compreender fenômenos tipicamente atribuídos à escolha racional em abordagens individualistas. Em seu seminal artigo "*The strength of weak ties*", Granovetter (1973) estabelece diferentes graus de intensidade para os laços sociais a partir de sua proximidade e constância. Com base nessa diferenciação, constata que pessoas com ampla gama de ligações "fracas" estavam em melhores condições de encontrar emprego, do que pessoas com número menor de contatos "fortes", uma vez que os laços fracos aumentariam as chances de obter informações relevantes sobre oportunidades de emprego.

De acordo com essa proposta, ligações fracas, mais distantes e intermitentes, são importantes porque nos conectam com vários grupos, rompendo a configuração de aglomerações homogêneas (*clusters*) e funcionando como pontes pelas quais circulam as informações. Trazendo isso para o debate sobre inovação e tendo em vista que a questão do conhecimento é considerada central na temática do desenvolvimento tecnológico, muitos

estudos se dedicaram a analisar a incidência das redes sobre a inovação (GRANOVETTER, 1983; JULIEN, 2010; SCHILLING; PHELPS 2007; UZZI; SPIRO, 2005). Grande parte dessa bibliografia passou a mobilizar a análise de redes para explorar seu papel nos processos de aprendizagem, na dinâmica de transmissão de conhecimentos, na complementaridade funcional entre os atores da rede e como um meio de acesso a informações externas relevantes.

Com o auxílio de modelos matemáticos – gerados inicialmente a partir de experimentos que buscavam identificar o número de intermediários entre uma pessoa e outra de qualquer distância geográfica e social – muitos estudos passaram a explorar a influência da configuração das redes nos processos de difusão de informação e conhecimento. Um dos modelos que mais contribuiu nessa direção foi o modelo reticular, chamado *small world*, desenvolvido por dois pesquisadores da Universidade de Cornell, Watts e Strogatz (1998). O referido modelo, parte da situação hipotética de uma configuração ordenada de *clusters* locais, isto é, de um modelo regular de relações de curto raio entre pontos contíguos, onde todos os pontos possuem o mesmo número de ligações e precisam percorrer a mesma distância para se comunicarem. A esta configuração são adicionadas, casualmente, algumas relações de raio longo, reduzindo notavelmente a distância média entre os pontos presentes no modelo, o que possibilitaria uma conectividade elevada entre os nós, por intermédio de poucas ligações de amplo raio.

Logo, trata-se de um modelo que descreve um cenário composto de pequenos mundos, feitos de relações estreitas, retículos densos, informações redundantes, unidos por algumas ligações casuais que os tornam acessíveis através de alguns intermediários. Considerando os parâmetros de tamanho médio da trajetória entre dois pontos e o nível de adensamento local, esse paradigma se aproximaria das propriedades efetivamente encontradas em algumas redes reais, tais como redes de atores de Hollywood, rede de distribuição de energia elétrica dos EUA e sistemas de conexão neural (RAMELLA, 2013).

Para além desse modelo *small world*, outros estudos matemáticos, voltados para a evolução dinâmica das redes, demonstram que algumas delas não seguem uma distribuição das ligações de tipo normal, mas sim uma lei de potência. Isto é, não há necessariamente uma distribuição uniforme das ligações; pelo contrário, o mais comum é que, com o passar do tempo, as redes se transformem e o número de ligações seja desigualmente distribuído entre os diferentes nós (novos e velhos). Com isso, percebe-se que em diversas situações há

uma grande quantidade de nós com número restrito de ligações. A contraparte disso é a existência de alguns nós com um número muito elevado de ligações, assim chamados de conectores ou *hubs*. Tal modelo, chamado de *scale-free network*, pode ser aplicado à rede mundial internet, em que existem milhões de sites, mas um número comparativamente reduzido de links que os conectam. Segundo estudo de Barabási e Albert (2006), a *web* é composta por alguns pouquíssimos nós altamente conectados, o que torna acessível a conexão entre dois pontos distantes, porém esta conectividade tende a decrescer, exponencialmente, conforme se analisam os outros nós.

A principal contribuição desse modelo é demonstrar que a conectividade global não é uniformemente garantida por todos os nós, como é assumido no modelo *small world*, mas depende, principalmente, desses nós conectores. Além disso, o modelo percebe a rede como um “sistema” dinâmico e heterogêneo, isto é, redes crescem e encolhem, velhos nós desaparecem e novos surgem, e estes últimos tendem a se conectarem a nós com um grande número de ligações.

Contudo, a partir de novas contribuições em outras áreas, percebeu-se que esse modelo de *scale-free network* é um caso particular de evolução das redes, mas outras configurações são possíveis. Essa constatação abriu espaço para o surgimento de uma nova agenda de pesquisa sobre análise de redes, uma nova ciência das redes (BARABÁSI; NEWMAN; WATTS, 2006). Também chamada de Teoria de Redes Complexas, essa agenda assume que as redes não são estáticas, mas variam no tempo, segundo diversas regras dinâmicas, e são compostas de uma pluralidade de nós que interagem sem coordenação hierárquica, isso é, trata-se de interações múltiplas entre numerosos e diversos nós caracterizados pela não-linearidade de suas interações.

O progressivo desenvolvimento desses métodos e teorias, junto ao expressivo aumento de parcerias entre diferentes organizações, nos campos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, fomentou diversos estudos sobre inovação, a partir da análise de redes.

Importantes estudos passaram a explorar a complementariedade entre laços curtos e longos e seus efeitos, em termos de produção de novidades. Em um estudo voltado para a indústria de musicais da Broadway, Uzzi e Spiro (2005) apontam a importância das conexões homogêneas locais junto a conexões diversas para a criatividade e a inovação. Isto é, a combinação de coesão local e conectividade global são importantes para a performance

criativa nesse tipo de ramo fornecendo, assim, uma mescla de variedade e homogeneidade. Outros estudos sobre as alianças estratégicas e as associações de patente entre empresas (SCHILLING; PHELPS, 2007) demonstram que as redes *small world* configuram uma estrutura favorável às oportunidades inovativas.

Segundo esses estudos, os elevados níveis de aglomeração local melhoram a capacidade de transmissão de informação entre as empresas. Além disso, geram pressupostos de confiança para o compartilhamento do conhecimento e para a pesquisa conjunta de soluções. Por outro lado, a presença de ligações longas (aquelas que unem diversos *clusters* locais) facilita a circulação de informação não redundante entre diferentes grupos, ampliando a possibilidade de recombinação a disposição das empresas. Em outros termos, os referidos estudos tornam evidente a influência da estrutura complexa da rede sobre a performance de uma única empresa, pois um dos aspectos que mais influenciaria a atividade inovativa é o grau de conectividade da rede e a amplitude dos seus principais componentes (RAMELLA, 2013).

A teoria das redes complexas também foi utilizada para analisar *clusters* inovativos, como o *cluster* do Silicon Valley (FERRARY; GRANOVETTER, 2009). Este famoso caso se diferenciaria dos *clusters* de tipo industrial devido a sua capacidade de reconfigurar, drasticamente, sua cadeia de valores por meio de inovações radicais que criam novos setores industriais. Porém, nesse caso, a inovação não é produto de uma única empresa, mas sim de um sistema local, derivado da interação de uma variedade de atores radicados numa complexa rede de relações sociais. Logo, o *Silicon Valley* é um paradigmático caso de *cluster* inovativo baseado numa rede complexa, pois o dinamismo inovativo dessa área depende da plenitude de sua rede, que compreende atores heterogêneos e complementares (RAMELLA, 2013). Essa dinâmica complementar é baseada no papel de núcleo conector desempenhado pelas sociedades de capital de risco (*venture capital*) ao investir nas mais promissoras *start-ups* locais, fomentando assim a capacidade inovativa e a robustez global do Silicon Valley, por meio de cinco funções específicas: financiamento, seleção, sinalização, imersão e aprendizagem coletiva (FERRARY; GRANOVETTER, 2009).

Nesse estudo, Ferrary e Granovetter ressaltam a interdependência existente entre a estrutura relacional e os atores, isto é, entre nós e redes, de maneira que a capacidade de sobrevivência de ambos dependa de uma espécie de interdependência sistêmica. Apesar de não possuir uma coordenação hierárquica, a rede atuaria como uma base para um sistema

de inovação, em que “a eficiência de cada agente particular depende da presença de outros agentes” e “devido a esta interdependência, a ausência de um agente enfraquece a eficiência de outros e, em última instância, a eficiência e a robustez de todo o sistema” (FERRARY; GRANOVETTER, 2009, p.329). Essa forma particular de usar a análise de redes, devido a sua ênfase na interdependência, parece retornar às ideias sistêmicas sobre inovação, porém trata-se de uma interdependência não propriamente de funções, mas de relações capazes de botar essas funções em contato, como no caso das empresas de capital de risco do *Silicon Valley*.

Por seu turno, a tradição baseada nas abordagens de redes antropológicas apresenta-se como uma escola de pensamento menos conhecida e autoconsciente que a ARS (KNOX; SAVAGE; HARVEY, 2006). Mas isso não implica ausência de relevância, uma vez que há muito os antropólogos se preocupam com as questões de conexões entre pessoas, mais claramente demonstradas pelas noções disciplinares centrais de parentesco e troca. No entanto, o termo redes, em lugar de originar um campo de pesquisa específico e responder a uma teoria de outra disciplina (escolha racional), como no caso da ARS, foi aqui mobilizado para produzir rearranjos e responder a uma preocupação sobre formas de relacionamento social no interior da própria teoria antropológica.

Segundo Knox, Savage e Harvey (2006), John Barnes foi um dos primeiros antropólogos a acionar a noção de redes (1954), utilizando-a para demonstrar como as desigualdades de classe surgiram apesar do fato de que as pessoas que viviam em uma comunidade norueguesa enfatizavam a igualdade social em suas relações. Segundo o antropólogo, as pessoas da comunidade formavam redes de relações, onde todos percebiam seus familiares e amigos próximos na mesma condição, porém, ao acumular algumas ligações de distância era possível perceber pequenas diferenças sociais. Logo, as classes não eram traçadas ao longo de fronteiras claramente demonstráveis, mas tornavam-se perceptíveis apenas a partir de uma posição dentro da rede de relacionamentos dentro da comunidade, onde as pessoas mais distantes das cadeias de conexão poderiam ser vistas como diferentes de si mesmas.

Esse estudo, junto a outros que acionaram o conceito de redes (BARTH, 1978), foi uma forma encontrada pelos antropólogos em questão, de se afastar da abordagem estrutural-funcionalista que privilegiaria conceitos abrangentes e universalizáveis, como sociedade, classe e gênero, mas seria vista como pouco relevante empiricamente, uma vez

que apresentava uma grande descontinuidade em relação às categorias e percepções dos interlocutores. De certa forma, esses autores buscavam responder às mesmas questões no viés dos antropólogos estrutural-funcionalistas, em relação às bases normativas do comportamento das pessoas e às dinâmicas de mudança social, porém concentraram-se nas relações entre indivíduos e não nos efeitos das instituições, onde a própria rede atuava como a forma estrutural (KNOX; SAVAGE; HARVEY, 2006).

Gradualmente, porém, esse uso das redes, que tendia a substituir uma explicação estrutural por outra, foi perdendo força na antropologia como técnica de investigação. Paralelo a esse enfraquecimento, a noção de redes se expandiu e proliferou em diversos outros campos da vida econômica e política, produzindo uma pluralidade de significados e aplicações às diversas redes. Mudanças promovidas pela reestruturação nas formas de organização social, somadas aos fluxos contínuos e acelerados de mercadorias, conhecimento e informação, possibilitados pelas tecnologias da informação em tempo real, assim como a crescente relevância das redes sociais virtuais, promoveram o conceito de redes como uma maneira de descrever e caracterizar o mundo contemporâneo.

As redes passaram a atuar não apenas como uma ferramenta metodológica, mas como metáfora para descrever novas formas de estar e compreender o mundo. A sociedade em rede, de Castells (2005), é um exemplo das redes como formas de descrever a atual forma de organização e atuação no interior de um novo paradigma de desenvolvimento, baseado na tecnologia de geração de conhecimentos, processamento da informação, comunicação de símbolos e, mais importante, à ação do conhecimento sobre o próprio conhecimento como fonte do aumento da produtividade. Isto é, a ascensão da rede como modo de organização e de relacionamento da sociedade atual estaria intimamente vinculada à dinâmica de evolução do conhecimento científico e ao desenvolvimento e uso de novas tecnologias. Com isso, a posição das redes dentro dos relatos etnográficos passou de uma ferramenta metodológica distinta para um dispositivo metafórico que apontava e descrevia os contextos mutáveis da pesquisa social (KNOX; SAVAGE; HARVEY, 2006).

Isso deu origem, no interior das teorias antropológicas, a outra proposta de abordagem relacional de redes sobre o desenvolvimento e a implementação de novidades tecnológicas. Diferente de suas predecessoras por suas implicações epistemológicas, e derivada dos estudos sociais da ciência e da tecnologia, essa proposta aborda os processos de desenvolvimento de inovações tecnológicas a partir da teoria do ator-rede. Elaborada por

cientistas sociais como Michel Callon, Bruno Latour e John Law, essa abordagem desloca o *locus* privilegiado das inovações para as redes sociotécnicas e amplia as agências que atuam no processo de inovação, pois considera como agentes imersos em redes de relações: cálculos, objetos, artefatos, técnicas e ideias. Dessa forma, o ator da inovação passa a ser a própria rede (teoria do ator-rede).

Essa proposta de análise de redes sociotécnicas não se limita à esfera da produção ou à análise das trajetórias tecnológicas das empresas na estabilização de um paradigma tecnológico, mas estende a análise ao papel desempenhado pelos diversos atores heterogêneos no ordenamento e estabilização da rede, como efeitos interativos gerados pelos padrões da própria rede (LAW, 2015). Isso implica em assumir, não apenas a dissolução de esferas segregadas do social e de sistemas que determinariam o rumo dos processos de inovação, mas a dissolução da própria distinção entre atores humanos e não humanos.

Um exemplo de aplicação desse modelo pode ser encontrado no estudo realizado por Callon (1980), sobre um projeto de desenvolvimento do veículo elétrico na França. Nesse estudo, Callon investiga a rede de atores que se estabeleceu ao redor do empreendimento Veículo Elétrico e seus interesses, em cujo contexto, o foco da análise foi a rede de atores e o processo de tradução do conjunto de interesses, que não foi bem sucedido pela companhia elétrica estatal francesa, concluindo com o fracasso do projeto do veículo elétrico. Segundo o autor, parte importante desse fracasso se deve ao fato de que algumas entidades arroladas no esquema proposto pela companhia elétrica não se limitaram ao papel atribuído a elas na rede. Consideração que ressalta a importância dos momentos de pré-estabilização das controvérsias tecnológicas e o papel das diversas entidades heterogêneas imbricadas na rede de relações mutuamente definidas. Todavia, um aspecto importante revelado pela pesquisa, mas pouco considerado, foi a indiferença dos consumidores, na época, em relação ao tipo de combustível que abasteceria seus carros. Nesse sentido, na mesma época, os consumidores também não teriam desempenhado o papel esperado desse ator social, mantendo-se passivos perante o insucesso do projeto do Veículo Elétrico.

Um dos maiores méritos dessa perspectiva é sua capacidade de resgatar o histórico dos processos de inovação em andamento, isto é, não analisar a inovação após sua consolidação e racionalização *a posteriori*, mas em suas contradições e contingências durante o processo. Essa estratégia investigativa revela algo relativamente banal, mas pouco explorado pelos economistas: a pluralidade de interesses em jogo durante o processo de

inovação e a necessidade de negociação desses interesses, naquilo que os autores denominam de processos de tradução.

Dessa forma, a dinâmica das redes torna-se dependente dos processos de interação desses grupos dessemelhantes de nós, que não se limitam a atores humanos, como argumentam os autores vinculados à teoria do ator-rede (CALLON, 1980; LATOUR, 2000; AKRICH et al, 2002). Logo, trata-se um conjunto coordenado de atores humanos e não humanos que participam, coletivamente, no processo inovativo e organizam as relações entre desenvolvimento científico e mercado.

Apesar da inegável potência dessa perspectiva para abordar o desenvolvimento tecnológico e os processos científicos em ação, ela baseia-se numa simetrização das relações entre ciência e sociedade, que se estende aos integrantes humanos e não humanos da rede sociotécnica. Na presente pesquisa, porém, atuação dos artefatos sobre o processo é concebida de forma distinta, não simétrica, em relação às agências humanas. Uma forma de apreender essa distinção, conforme sugere Luísa Oliveira (2008) apoiada na sociologia fenomenológica de Schutz, ocorre por intermédio da diferenciação entre “ação” e “ato” na atuação dos diferentes atores da rede. A ação diz respeito à conduta humana como um processo que é concebido antecipadamente pelo ator social, ou seja, pressupõe uma intenção ou plano. Já o ato refere-se ao resultado desse projeto, a ação materializada.

A diferenciação evidenciada permite integrar os artefatos e objetos como elementos relevantes, na trama de relações que performa a rede de inovação, pois os admite como fatores com capacidade de alterar cursos de planos de ação. Porém, isso não implica em conferir a esses elementos, o mesmo estatuto ontológico dos atores humanos, uma vez que somente estes últimos são capazes de atribuir uma intenção, um sentido, à ação e atuarem como porta-vozes dessas relações¹². Mas concede uma maior visibilidade analítica a esses elementos não humanos e à forma como os atores humanos se relacionam e se agrupam a partir de seus arranjos de características técnicas (OLIVEIRA, 2008).

Isso implica uma abordagem relacional da inovação como um processo complexo, baseado na relação entre diferentes atores, em todos os momentos do processo inovativo, na construção política, cultural e econômica da inovação, que leve em consideração o conjunto de atores sociais envolvidos na rede e a forma como esses negociam seus

¹² Essa concepção resulta em uma representação das redes de inovação (Capítulo 6) em que os nós são atores sociais heterogêneos com intencionalidade, com capacidade de atribuir sentidos à ação social.

interesses e coordenam suas ações em torno de artefatos. Isto é, o processo de inovação como algo além da construção de ambientes favoráveis ao desenvolvimento de novas tecnologias, por meio da colaboração e interação de atores produtivos, mas como um processo dependente da produção de consensos favoráveis para a aceitação, a difusão e a legitimação da novidade. O que pressupõe ir além das empresas, dos institutos de pesquisa e da tecnologia em si e observar, também, os processos de aprendizado relacionados às primeiras experiências, as motivações em jogo e os enquadramentos político-culturais que possibilitam a emergência e a consolidação dessas iniciativas, assim como os arranjos e disputas envolvendo o paradigma dominante.

Logo, trata-se de buscar um enquadramento teórico capaz de abarcar esse arranjo multidimensional do processo inovativo, não apenas voltado para o momento produtivo da inovação, para a dependência das trajetórias tecnológicas e para o aprendizado organizacional das empresas, institutos de pesquisa, governos e territórios, mas que seja capaz de abarcar a influência dos motivos e razões dos atores nos processos de desenvolvimento, recepção, difusão e consumo de inovações; as dinâmicas de formação e negociação das redes de inovação que sustentam o processo; e os contextos socioeconômicos onde ocorrem essas interações.

2.4 DEFININDO INOVAÇÃO E SEUS MOMENTOS

Antes de elaborar o referido enquadramento, convém precisar a definição do próprio conceito de inovação, tratada até aqui de forma mais ou menos solta, a fim de evitar possíveis confusões conceituais. Uma primeira definição do conceito de inovação descreve uma mudança em um estado de coisas existente, a partir da introdução de algum elemento novo. Logo, o ato de inovar implica numa relação diacrônica entre um estado de coisas anterior e um estado modificado por esse elemento novo. A partir dessa definição basilar, percebe-se o caráter necessariamente processual e relacional da inovação, isto é, trata-se de um movimento complexo que compreende uma pluralidade de atividades interconectadas, as quais resultam num estado de novidade em relação a um período e a um contexto anterior. Portanto, trata-se de um processo que envolve a criação, a difusão e a utilização de novos conhecimentos, novos produtos, ou novas formas de organização.

Contudo, essa é uma definição demasiadamente ampla do conceito, que acaba por esvaziá-lo e permite uma série de confusões e inexatidões em seu emprego. Visando a um uso mais preciso do conceito, adotam-se, aqui, para sua definição, os seguintes pontos organizados pelo sociólogo italiano Francesco Ramella (2013): (I) A **inovação é processual**: trata-se de uma atividade complexa que compreende uma série de fenômenos interconectados, porém, não é necessariamente linear com fluxo e direção estáveis no tempo; (II) A **inovação é relacional**: é relativa a um período e a um contexto, ou seja, só pode ser compreendida em confronto com um estado de coisas anterior e depende da contribuição de outros sujeitos, seja na fase de criação, seja na fase de implementação; (III) A **inovação é diferente de mudança**: mudança é mais ampla e não envolve, necessariamente, algo de novo, ao contrário da inovação que implica sempre uma novidade (fazer coisas novas, ou fazer coisas que já estão sendo feitas de uma maneira nova); (IV) A **inovação é diferente de invenção**: invenção significa conceber um novo produto ou processo; já, inovar implica em colocar em prática, pela primeira vez, esta nova ideia (enquanto a primeira permanece confinada ao âmbito do conhecimento, a inovação envolve as consequências de sua implementação); e (V) A **inovação não é necessariamente positiva**: diferentemente da noção de progresso, a introdução de uma novidade nem sempre leva aos êxitos esperados; devido a consequências impremeditadas, a inovação pode falhar ou não ser benéfica para o inovador ou para a comunidade de referência.

Outra definição importante a ser feita refere-se ao escopo da inovação. Embora grande parte das pesquisas sobre o assunto enfoquem mudanças tecnológicas (EDQUIST, 2001), o conceito de inovação pode envolver acepções muito mais amplas. É o caso dos estudos precursores sobre o tema, como as pesquisas do antropólogo norte-americano Homer Barnett (1953). Em sua obra *"Innovation: the basis of cultural change"*, inovação é definida como "qualquer pensamento, comportamento ou coisa que é nova, em função de sua diferença qualitativa, em relação às formas existentes" (BARNETT, 1953, p.721, tradução nossa). Nesse estudo sobre mudança cultural em diferentes etnias, o autor explora os condicionantes e mecanismos da inovação, concebida como a introdução de qualquer novidade que produza mudança em um contexto sociocultural. Trata-se de um entendimento correlato à ideia de inovação como mudança social em relação a uma ordem existente.

O sociólogo rural Everett Rogers (1995) é outro precursor dos estudos sobre inovação que adota, já em 1962, uma definição mais ampla do conceito. Segundo Rogers (1995, p.11),

inovação é “uma ideia, prática ou objeto que é percebida como nova por um indivíduo ou outra unidade de adoção. Pouco importa, no que diz respeito ao comportamento humano, se a ideia é ou não ‘objetivamente’ nova”. Para Rogers, em sua análise da difusão da inovação, o ponto central é a percepção de novidade relativa a uma ideia, prática ou objeto e a forma como ela se difunde (canais de comunicação) no interior de um sistema social.

Essas leituras mais amplas acerca da inovação, junto às ideias de Fritz Schumacher e do conceito de tecnologia apropriada¹³, vão fornecer as bases para desdobramentos posteriores sobre o tema, os quais desaguaram na retomada da noção de inovação social. Essa noção não é propriamente nova, como visto na primeira seção do capítulo, mas recupera a ideia de inovação como mudança nas relações e formas de organizações sociais, além de incorporar a ideia de inovação inclusiva. Uma inovação voltada para a produção de novos produtos e processos destinados às necessidades e interesses de populações excluídas, de forma a promover melhorias na sua qualidade de vida (HEEKS, et. al., 2013).

No âmbito na economia da inovação, a novidade precisa ser economicamente relevante para falar-se de inovação (EDQUIST, 2001). Esta pode ser dividida conforme o tipo e o grau de novidade implicado no processo. Assim, ela pode ser classificada como **inovação de produto** - realização de bens e serviços inteiramente novos, ou modificados em relação aos precedentes; **inovação de processo** - mudança nos modos de produção dos bens e serviços; **inovação organizacional** - (novas formas de organização das atividades empresariais) e **inovação de marketing** - (inovações que envolvem o design, a embalagem do produto, sua modalidade de promoção e colocação no mercado, assim como o método de determinação dos preços de venda dos bens e serviços). No que concerne ao grau de novidade, existe a clássica divisão entre inovação **incremental** (alterações pontuais) e **radical** (introdução de novidades de grande relevância). Nesse mesmo critério, existe ainda a inovação **arquitetural**, que diz respeito a modificações na forma como os componentes se integram ao produto, formando novas configurações (RAMELLA, 2013).

Uma vez que a presente pesquisa é voltada para a produção social de uma novidade tecnológica específica, o automóvel elétrico, é possível classificá-la como uma investigação sobre uma inovação de produto. Todavia, trata-se de um produto cuja implementação traz,

¹³ Em oposição à ideia de tecnologia convencional, baseada no uso intensivo de capital e redução da mão de obra, a tecnologia apropriada envolveria “um conjunto de técnicas de produção que utiliza de maneira ótima os recursos disponíveis de certa sociedade maximizando, assim, seu bem-estar” (Dagnino, 1976, p.3).

consigo, o potencial para uma transformação sistemática do paradigma técnico-econômico atual. Como mencionado anteriormente, trata-se de uma inovação radical, com potencial para alterar, não apenas os produtos, os processos produtivos, ou as formas de organização de um mercado, mas uma pluralidade de setores econômicos, mediante a introdução de uma constelação de inovações inter-relacionadas.

No entanto, esse potencial não depende apenas dos fatores técnicos implicados no desenvolvimento da tecnologia, mas do processo como um todo e de sua lógica espiral e contingente, em que pesam o conjunto de atores envolvidos (produtores, consumidores, gestores públicos), suas capacidades de organização, interação e negociação, bem como suas competências e interesses em jogo. Depende, também, do contexto em que a inovação será inserida, isto é, da configuração do mercado, das regras e entendimentos compartilhados que o regulam.

Logo, trata-se de uma pesquisa centrada em uma inovação econômica, que envolve, necessariamente, um novo estado de coisas vinculado às relações econômicas concretas. Nesse sentido, a inovação econômica pode ser entendida como um processo institucionalizado de mudança que introduz elementos de novidade econômica: nas necessidades que venham a satisfazer, nos bens e serviços que venham a produzir, ou nos modos de produção, distribuição e de uso (RAMELLA, 2013). Diferentemente da concepção formal de economia – que assume como universais, as motivações utilitaristas e lógicas de ação baseadas no pressuposto da escassez de meios e na maximização da racionalidade comportamental no interior de um mecanismo de regulação de preços – a definição de economia aqui utilizada, é baseada em processos econômicos concretos, voltados para o comportamento dos outros, racionalmente orientados e movidos por interesses econômicos, mas não exclusivamente, pois a ação econômica pode ser movida, também, pelo hábito e pelo afeto (SWEDBERG, 2005a). Isso significa que, embora a ordem econômica capitalista seja vinculada a um crescente processo de autonomização dos afetos e da tradição, ela encontra-se inserida no interior de uma ordem social que possibilita essa autonomia relativa.

Dessa forma, a concepção de inovação econômica permite deslocar o foco da inovação tecnológica, centrada na produção e na busca de soluções tecnológicas, para inserir a noção de inovação como um processo retroativo de introdução de novos produtos, novos conhecimentos, ou novos processos produtivos, no interior de ordens econômicas históricas e mutáveis. Segundo Viviane Zelizer (2005), a ênfase na esfera produtiva ocorre porque

grande parte das abordagens teóricas sobre questões econômicas tende a dividir o mundo em duas esferas diametralmente opostas e hostis: uma esfera dos mercados, marcada pela racionalidade e pela utilidade, e outra do sentimento e do sentido. Nesse enquadramento dos mundos hostis, a produção e a distribuição pertencem à “verdadeira” economia, enquanto o consumo permanece segregado no domínio expressivo da cultura, e qualquer contato entre esses dois mundos passa a ser entendido como uma forma indesejável de contaminação. Essa abordagem dificulta a análise da interação entre as relações sociais de consumo e os processos de produção e distribuição, tal como os processos de inovação em pauta.

Logo, o consumo estaria vinculado, não apenas à utilidade dos produtos e à confiabilidade daqueles que vendem, mas também à sua moralidade, pois produtos são objetos culturais imbuídos de significados baseados em entendimentos comuns e são, eles próprios, símbolos ou representações desses significados. Nesse sentido, o consumo (re)produz as vidas materiais dos consumidores e os provê de meios para expressar suas identidades e afiliações a grupos de status (ZELIZER, 2009). O que implica em espaços, ainda que restritos, para a escolha e a influência nos processos de inovação, por intermédio de práticas de consumo, sejam elas movimentos organizados de consumidores, boicotes seletivos, ou desenvolvimento de mercados alternativos com base em valores culturais.

Contudo, essa concepção da relação não deve ignorar a importante assimetria de recursos existente entre as grandes corporações e os consumidores individualizados, bem como as diversas formas que as empresas desenvolvem para criar mercados para seus produtos. Apesar dessa assimetria, existem novas práticas de consumo que se desenvolvem e se adaptam, face às mudanças sociais mais amplas, tais como o consumo individual politizado, o surgimento de movimentos socioeconômicos de consumidores organizados (PORTILHO, 2005), bem como as formas de pressão e contestação social que inviabilizam ou dificultam a difusão de determinadas inovações (HOMEL; GODARD, 2005) e, até mesmo, as políticas públicas que fomentam ou restringem o desenvolvimento de novos produtos em determinada direção.

Portanto, o processo de produção social de inovações econômicas não dependeria, exclusivamente, da lógica interna de uma esfera da produção, onde as condutas seriam pautadas por critérios de utilidade e eficiência, mas da interação entre as fronteiras dessas supostas esferas, constantemente negociáveis e em disputa. Isso possibilita compreender a

atuação de critérios socioinstitucionais no direcionamento dos avanços técnicos. Tem-se como exemplo, as inovações técnicas do segmento automotivo que, historicamente, tenderam a privilegiar o desempenho dos automóveis em termos de velocidade, potência e capacidade, e resistem em desenvolver tecnologias voltadas para a economia de combustíveis, de espaço e de materiais¹⁴ (SPERLING; GORDON, 2009).

Essa leitura da inovação econômica permite concebê-la como um processo social complexo, que pode ser influenciado tanto por arranjos de políticas públicas que visam a incentivar a colaboração e o desenvolvimento de determinadas inovações, quanto por impedimentos jurídicos, políticos e culturais capazes de obstruí-la (TRIGILIA, 2007). Logo, trata-se de um processo relacionado a um meio sobre o qual, a aplicação dessa novidade, traz consequências econômicas. Portanto, espera-se que o meio também exerça alguma influência nessa relação criando, não apenas novos espaços para a inovação, mas também novos vetores para a novidade.

Assim, o conceito de inovação econômica permite abranger, tanto a produção de novidades tecnológicas e organizacionais, quanto sua inserção e suas consequências no mercado. Em outras palavras, incorpora um processo retroativo de “combinação de oportunidades tecnológicas, necessidades de mercado e práticas organizacionais” (PAVITT, 2005), com a importante ressalva de que essas necessidades de mercado e os atores nele envolvidos não se limitam à definição neoclássica de mercado, mas referem-se aos mercados concretos, como espaços de relações e disputas regulados por ordens sociais (WEBER, 2009). Isso implica na possibilidade de essas necessidades e atores serem movidos por lógicas não necessariamente utilitaristas, mas também no papel desempenhado pela configuração desse mercado e suas regulações para o processo de inovação.

Do contrário, não seria possível compreender a série de produtos e processos que são desenvolvidos em consonância com os anseios e expectativas de algumas parcelas da sociedade, tais como: produtos ecologicamente mais responsáveis (automóveis elétricos ou híbridos), processos produtivos orientados por princípios éticos (práticas de abatimento animal, agricultura orgânica), formas alternativas de produção e distribuição de produtos (economia solidária, localismo) - assim como, por outro lado, as restrições e imposições

¹⁴ Essa tendência foi verificada, especialmente, nos projetos de novos modelos para os mercados em que se situam as matrizes das montadoras. Nos países em desenvolvimento e mercados mais pobres foram feitas, muitas vezes, adaptações e projetos de engenharia reversa, no sentido de reduzir os custos e desenvolver automóveis com materiais mais acessíveis, mais leves e mais baratos.

feitas ao desenvolvimento de técnicas e produtos tensionados por questões éticas, como inovações biogenéticas e tecnologias nucleares.

Logo, o processo de inovação é melhor concebido no interior de um enquadramento capaz de apreender a relevância dessas outras dimensões e momentos, um enquadramento em cuja relação, atores importantes, como os consumidores e os gestores públicos, não atuem como elementos meramente passivos, mas como vetores ativos, passíveis de se articularem e se organizarem em redes, a fim de pressionar por mudanças na produção, ou redes de consumo e na difusão de práticas, capazes de consolidar ou refutar um estado novo de coisas. Isto é, atores relevantes no processo de negociação de interesses e competências que envolve a inovação.

Uma vez considerada a produção social da inovação como um processo complexo e relacional, torna-se fundamental para a análise do fenômeno, uma abordagem processual, em cujo âmbito, o processo de inovação possa ser analiticamente segregado em etapas típico-ideais, tal como no estudo precursor de Everett Rogers (1995) que o divide em seis principais etapas: 1) A identificação de uma necessidade ou de um problema que precisa de solução; 2) A decisão de fazer a pesquisa (de base ou aplicada) para resolver a questão; 3) O desenvolvimento da inovação; 4) A comercialização, que compreende a produção e a distribuição do produto/serviço que se refere à inovação; 5) A sua adoção e difusão; e 6) As consequências da inovação relativas à sua adoção. Todavia, essa divisão analítica não significa que o processo de inovação “deve ser pensado exclusivamente em termos sequenciais, numa sucessão ordenada e linear de fases, rigidamente distintas uma das outras” (RAMELLA, 2013, p.15), conforme afirmam alguns modelos lineares mencionados anteriormente, mas como um processo em espiral, indeterminado e retroativo.

Logo, essas fases, ou etapas típico-ideais são instrumentos teóricos que visam à apreensão do processo inovativo de maneira mais ampla, capaz de perceber a relevância desses outros momentos na construção de uma inovação. Porém, isso não quer dizer que todos os processos de inovação passam, necessariamente, por todas essas etapas. Muitos são os casos de inovações que surgiram sem uma pesquisa de base, ou cujas consequências finais não coincidiram com os problemas identificados no princípio (ROGERS, 1995; SOLO; ROGERS, 1972; AKRICH et al., 2002). Tampouco entendem-se essas etapas como partes relativamente autônomas do processo; antes são percebidas como processos intrinsecamente articulados de um todo em constante movimento e retroalimentação.

Contudo, essa segregação em diferentes momentos torna-se importante para demonstrar a complexidade do processo e o peso de diversos fatores nos resultados. Por exemplo, existem casos famosos em que o desenvolvimento de novos produtos e processos, comprovadamente mais eficientes¹⁵ que os estabelecidos, não lograram sua implementação, tal como o caso do padrão de teclado Dvorak (DAVID, 1985). Desenvolvido em 1932, pelo professor August Dvorak, na Universidade de Washington, esse padrão possibilitava uma digitação mais rápida e percorria menores distâncias que o padrão QWERTY, intencionalmente elaborado com a finalidade de reduzir a velocidade de digitação e impedir o travamento das teclas das antigas máquinas de escrever. Porém, até hoje não é possível encontrar esse padrão mais eficiente nos teclados, pois existe uma série de investimentos já consolidados e interesses de diversos atores na manutenção do modelo antigo. Ou seja, apesar da pesquisa e do desenvolvimento de um modelo tecnicamente superior, não houve interesse ou esforços significativos de atores sociais na produção e distribuição (e provavelmente existiram esforços contrários), nem na difusão e utilização do novo padrão.

É nesse sentido que a comercialização (produção e distribuição), a difusão e adesão são relevantes para o processo. Contudo, para os fins propostos na presente pesquisa, considerando a interação produção/consumo, foi elaborado um esquema alternativo para o processo inovativo (Figura 2.1), com base nos modelos propostos na bibliografia existente: sobre momentos do processo (ROGERS, 1995), sobre suas dinâmicas recursivas não premeditadas (AKRICH et al., 2002) e sobre a espiral de seu movimento, porém, apresenta algumas diferenças que visam apreender variações nos processos da construção social de inovações e o papel de outros atores sociais.

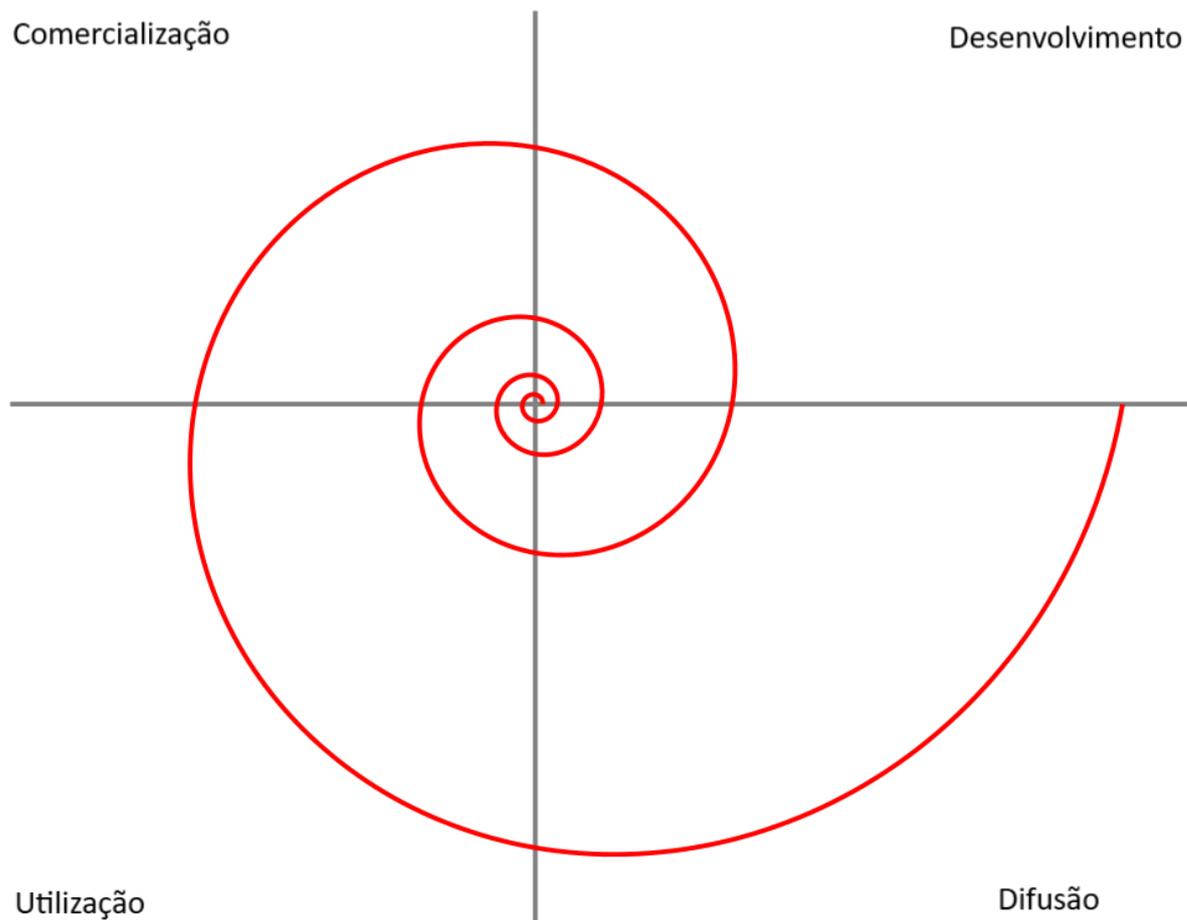
Desenvolvimento é a etapa que integra a identificação de um problema que necessita de solução¹⁶, a realização de pesquisa (de base e aplicada) e a concepção da inovação, geralmente na forma de um piloto ou uma ideia. É o momento em que são interpretadas as necessidades contextuais, identificadas as lacunas e possíveis oportunidades nos mercados e é concebida a inovação, seus meios e fins. Comercialização, como o próprio Rogers (1995) sugere, é a produção em larga escala, a manufatura, o acondicionamento, o marketing e a

¹⁵ Convém lembrar que a noção de eficiência é a virtude ou característica de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros e/ou dispêndios.

¹⁶ Conforme visto nas seções anteriores, o entendimento de uma situação como problema a ser solucionado não deriva necessariamente de um consenso, pelo contrário, pode ser fruto do conflito, pois depende do enquadramento social específico, isto é, de um quadro cognitivo compartilhado, capaz de identificar uma situação como problema e fornecer um objetivo e uma direção à mudança tecnológica.

venda do produto relativo à inovação. Grande parte da literatura sobre inovação discorre sobre estes dois momentos do processo. Não por acaso, a passagem de um momento para o outro não é algo banal ou automático e muito já foi escrito sobre a transferência de tecnologia, a passagem da pesquisa de base para a pesquisa aplicada (FREEMAN; SOETE, 2008), a interação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas (ETZKOWITZ, 2009; GARCIA, 2015; ALMEIDA, 2014) e a criação de ambientes, territórios, e sistemas que favoreçam o desenvolvimento de inovações (TRIGILIA, 2007; COURLET, 20015; TARTARUGA, 2014).

Figura 2.1 – Processo Inovativo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Um caso famoso de falha na passagem do desenvolvimento para a comercialização é o caso do microcomputador pessoal. Desenvolvido pela divisão de pesquisa da Xerox, Palo Alto Research Center, em meados da década de 1970, o primeiro computador concebido

para uso individual possuía uma série de inovações vinculadas à interação com o usuário, tais como mouse e interface gráfica via ícones. Porém, quem acabou por comercializá-lo foi a Apple de Steve Jobs, que visitou o centro de pesquisas da Xerox, contratou parte da equipe e, posteriormente, produziu e vendeu o Macintosh (SMITH, 1999).

Outro importante caso para a pesquisa, tratado mais detalhadamente no próximo capítulo, é o desenvolvimento do primeiro automóvel elétrico da América Latina, o Gurgel Itaipu E-150, pela montadora brasileira Gurgel Motores S.A. Lançado como protótipo no Salão do Automóvel, no ano de 1974, o minicarro foi desenvolvido como uma alternativa à crise do petróleo de 1973, porém, mesmo com uma autonomia de 60 km, 4,2 cv de potência, uma velocidade máxima de 50 km/h e uma concepção precursora de minicarro urbano, não chegou a ser produzido em larga escala.

A utilização, por sua vez, não é propriamente uma fase anterior à difusão, pois difusão é um fenômeno coletivo diacrônico (como a inovação se espalha ao longo do tempo), ao passo que a utilização refere-se à forma como os usuários ou consumidores, adotam a inovação e fazem uso dela, bem como as consequências desse uso para o contexto social.

Sobre este momento, convém aqui ressaltar a diferença entre consumo e demanda, pois, ao passo que demanda faz referência às preocupações dos fornecedores nos mercados e incide sobre as possibilidades e os termos de troca de mercadorias no interior de uma lógica de maximização dos resultados, consumo diz respeito a um conjunto muito mais amplo de práticas sociais em que as pessoas utilizam serviços e produtos que são, apenas em alguns contextos, adquiridos por compra em um mercado e são consumidos com base nos valores sociais que transcendem os limites do cálculo instrumental e racional (HARVEY, et al, 2001). Isto é, a demanda está vinculada a um contexto específico de distribuição de bens e serviços em um mercado, enquanto o consumo encontra-se presente em outras formas de distribuição, tais como redistribuição e reciprocidade (POLANYI, 1980).

Voltando aos primórdios da disputa entre os modelos de automóvel a gasolina e automóvel elétrico, um exemplo do papel da utilização no processo de inovação pode ser encontrado. Na época, os automóveis a gasolina possuíam um sistema de arranque a manivela e um sistema de troca de câmbio de difícil operação, características que tornavam o automóvel elétrico mais fácil e cômodo de dirigir. Essas facilidades tornavam o automóvel elétrico uma melhor opção para consumidores menos familiarizados com os procedimentos

mecânicos, a ponto de os automóveis elétricos serem estigmatizados como automóveis para mulheres (CHAN, 2013). Ainda que esse estigma, provavelmente, não tenha sido o fator decisivo na vitória do automóvel a gasolina, ele ilustra a relação da cultura com os usos e seus desdobramentos sobre o desenvolvimento e a comercialização da inovação. Neste caso, um conjunto de vantagens técnicas, no interior de uma cultura em que o masculino está associado ao engenho e à dificuldade, torna-se uma desvantagem em termos de mercado, principalmente quando os produtores dos automóveis a gasolina passam a apostar em práticas de baixo custo e produção em massa.

De acordo do Rogers (1995), a difusão é a etapa do processo em que a inovação é propagada por intermédio de certos canais de comunicação, ao longo do tempo, entre os membros de um sistema social. E, como tal, depende de uma série de fatores como a própria inovação; os tipos de comunicação utilizados; os *adopters*; a quantidade de tempo durante o qual o grupo é exposto à inovação; e a natureza do grupo social. Para além desses fatores, pesam também as formas de introdução da inovação no contexto social, a origem da inovação, os tipos de atores envolvidos e as condições diferenciadas (subsídios, impostos) de circulação. Logo, difusão é o processo em que uma nova ideia, concepção, técnica ou produto é inserido em um contexto social e disseminado ao longo do tempo.

Ainda, segundo Rogers (1995), esses processos de difusão de inovações estariam baseados nos mesmos princípios de estruturação das redes de interação. Aqui, porém, o foco não seria a criação a partir do contato com ideias diferentes, mas a disseminação de uma nova ideia, ou produto, por intermédio da comunicação interpessoal. Com base em princípios hierárquicos de adesão, nos quais atores formadores de opinião tenderiam a influenciar a decisão de outros atores, e em estruturas de interação (redes) com diferentes graus de afinidade entre os atores em contato. Estudos como o *Diffusion of Innovations* (ROGERS, 1995) foram responsáveis por elaborar verdadeiros modelos de difusão de inovações, incluindo taxas de adoção, curvas de adoção (curva S) e tipos ideais de adotantes.

Com base nesse sistema, as redes de comunicação seriam formadas por indivíduos interconectados por padronizados fluxos de informação. Os padrões homofílicos de interação, em que os indivíduos em comunicação possuem atributos similares, seriam formas mais comuns de difusão de inovações, do que os padrões heterofílicos, em que os indivíduos em interação são diferentes em vários aspectos. Por sua vez, a homofilia também

pode atuar como uma barreira ao fluxo de inovações em sistemas sociais estratificados, uma vez que dificultaria o contato com ideias consideradas novas (ROGERS, 1995).

A difusão também depende de uma série de fatores estruturais que podem comprometer ou impulsionar o processo decisório dos atores. No caso da disputa entre os modelos de automóveis movidos a combustão interna e os automóveis elétricos, no começo do século XX, a expansão da malha rodoviária nos Estados Unidos da América tornou a autonomia dos veículos, um fator crucial nos processos decisórios que possibilitaram a difusão massiva do automóvel a gasolina, devido a sua capacidade de percorrer grandes distâncias (CHAN, 2013).

Logo, no processo de produção social de inovações, percebe-se a relevância de diversos fatores que vão além do grau de desenvolvimento da técnica, do preço e dos aspectos produtivos, bem como o papel desempenhado por outros atores além dos cientistas, empresas e empresários. Contudo, esses múltiplos fatores e atuações não são de fácil apreensão, ocorrendo, muitas vezes, de forma simultânea e não intencional, e sujeitos a contingências e a influências “externas”. Essa divisão analítica busca ressaltar, justamente, a importância desses outros momentos para o processo inovativo e os atores neles envolvidos. Tendo isso em vista, por sua permeabilidade e heterogeneidade, as abordagens relacionais sobre redes de interação apresentam-se como uma profícua alternativa para essa análise integrada do processo de inovação.

3. ENTRE A TEORIA E A EMPÍRIA, FUNDAMENTOS DA ANÁLISE

Ao considerar a proposta de analisar as redes de interação vinculadas ao processo de produção social do automóvel elétrico, o presente capítulo destina-se à formulação dos conceitos e dimensões de análise utilizadas no estudo. O conjunto desses conceitos constitui o modelo de análise elaborado para investigar o processo inovativo, seus atores e relações, no interior de um contexto de disputa comercial e tecnológica permeado por normas legais e hábitos que demarcam instituições (Capítulos 4, 5 e 6). As referidas dimensões dos conceitos são responsáveis por intermediar a relação entre as noções mais abstratas, discutidas no capítulo anterior, e o universo empírico de onde foram coletados os dados por meio de entrevistas e consultas a fontes secundárias.

Conforme salientado no Capítulo 2, o processo de inovação desenrola-se em uma conjuntura específica, um enquadramento compartilhado, com normas e costumes vigentes, em que são percebidos os problemas e as oportunidades de inovação. A primeira seção do capítulo destina-se à definição conceitual desse contexto em que a inovação econômica ocorre. Trata-se dos conceitos de arranjo institucional e mercados concretos, mobilizados para apreender o enquadramento político-cultural em que a disputa tecnológica se encontra inserida (Capítulo 5).

A seção seguinte volta-se para a definição do conceito de redes de inovação, utilizado na pesquisa. Nela são apresentadas e descritas as dimensões do conceito, os componentes que integram a rede, os tipos de ligação e a estrutura da rede. A definição detalhada do conceito e das dimensões que o constituem (nós da rede, tipos de ligação e estrutura da rede) é central para a pesquisa, pois é a partir do seu acionamento e da análise das formas como se articulam os variados interesses e competências das redes que se buscou compreender o papel das diferentes tramas de atores envolvidos nas iniciativas investigadas, voltadas para o automóvel elétrico no contexto nacional (Capítulo 6).

O último grupo de conceitos destina-se a explorar a dinâmica de interdependência entre a) os processos de introdução de novidades tecnológicas, isto é, as relações que se estabelecem com os outros setores econômicos, b) a trajetória da tecnologia, e c) os processos necessários para a implementação e a autossustentação da inovação (aspectos explorados no Capítulo 4). Essa dinâmica de interdependência tecnológica é expressa nos

conceitos de mecanismos de indução e bloqueio à inovação. Conceitos que visam a captar o conjunto de dificuldades e incentivos vinculados à novidade tecnológica em determinada situação e a forma como as iniciativas investigadas se relacionam com os contextos socioeconômicos onde a tecnologia busca se inserir.

Neste sentido, a análise desses mecanismos serviu de base para a compreensão das relações entre os arranjos institucionais no mercado automotivo nacional (Capítulo 5) e as redes de inovação (Capítulo 6). Buscou-se, dessa maneira, explorar as relações entre a articulação das redes de inovação e as instituições dos mercados concretos, com base nas dinâmicas de entrave ou reforço aos processos de inovação.

O conjunto desses conceitos fundamenta o modelo de análise elaborado para compreender o processo de produção social do automóvel elétrico no contexto nacional. O pressuposto básico que orienta esse modelo é a ideia que a inovação é um processo social coletivo, dependente da articulação de diversos atores, que buscam estabelecer uma novidade no interior de um contexto socioeconômico específico. Os desdobramentos deste processo, em termos de implementação da novidade tecnológica, vão depender da configuração da rede de inovação e de sua capacidade de superar mecanismos de bloqueio e/ou valer-se dos mecanismos de indução, postos pela sua relação com os mercados concretos.

3.1. ARRANJOS INSTITUCIONAIS E MERCADOS CONCRETOS

Conforme visto anteriormente, as redes de inovação operam como uma trama de atores sociais heterogêneos engajados, de diferentes formas, ao processo de produção social de inovações, porém, estas redes são formuladas e mantidas no interior de contextos sociais mais abrangentes e estáveis do que elas próprias. A constituição destes contextos e suas implicações para a inovação é algo que suscita importantes debates, pois, conforme definido, a inovação é um conceito que envolve a introdução de uma novidade em um meio. Logo, espera-se que este meio, além de sofrer as consequências desta introdução, também exerça alguma influência no processo.

De fato, a inovação só se configura como tal no momento em que ela introduz elementos de novidade econômica em um contexto de produção, distribuição e uso de

determinados bens e serviços. Em outras palavras, a inovação, nos termos aqui propostos, só se concretiza quando ocorre nos mercados. Porém, o mercado aqui referido não é o mercado neoclássico abstrato e ideal, mas os mercados concretos, formas históricas de distribuição de bens e serviços, mais ou menos estáveis e recorrentes, que operam por intermédio de trocas comerciais e ocorrem no interior de ordens sociais consideradas legítimas. Contudo, antes de discorrer sobre os mercados e seus efeitos para a inovação, convém definir os conceitos de princípios de coordenação e sistemas de regulação econômica.

3.1.1. Princípios de coordenação e arranjos institucionais

Uma das principais contribuições da sociologia e da antropologia econômica para a teoria dos mercados reside nas suas perspectivas históricas sobre os fenômenos socioeconômicos. Isto é, na análise concreta das formas de produção, distribuição e consumo das sociedades ao longo do tempo. A partir de caminhos distintos, tanto Weber (2009) quanto Polanyi (1980) buscaram compreender o processo de desenraizamento da economia, pela progressiva autonomização e desligamento das amarras sociais tradicionais, produzidas pela economia de mercado capitalista, para depois buscar reinseri-la no seu contexto atual.

Apesar das diferenças teóricas vinculadas aos distintos pontos de partida (sentido subjetivamente visado pelos atores e padrões institucionais de distribuição) ambos perceberam, na coordenação da ação, princípios de estruturação que deram origem a diferentes padrões de produção e distribuição de bens e serviços. Segundo estas teses, a economia de mercado capitalista seria fruto de processos históricos que deram origem a um quadro institucional complexo, responsável por garantir a relativa autonomia da esfera econômica regida por suas próprias leis e lógica específica.

A narrativa antropológica de Polanyi (1980) enfatiza a existência de três princípios de comportamento distintivo das sociedades pré-industriais (redistribuição, reciprocidade e *householding*) que se associam a padrões institucionais característico de distribuição de bens. A redistribuição está associada ao padrão de centralidade, que significa a entrega dos produtos a uma autoridade política central, responsável pela distribuição em bases justas. A reciprocidade está associada ao padrão de simetria pelo qual as trocas, apesar de

desarticuladas no tempo e distantes no espaço, ainda respondem ao princípio da dualidade, isto é, da relação com um análogo, um parceiro. Finalmente, o *householding* está associado ao padrão segundo o qual uma comunidade fechada (uma família, uma aldeia) consome sua própria produção e o excedente, caso vendido, não compromete a base da domesticidade (VINHA 2001; PROTA, 2016). Esse padrão teria dado origem ao padrão de troca no mercado, a partir da criação de instituições específicas, capazes de garantir seu funcionamento de forma independente da tradição e da religião.

Já, a perspectiva de Weber (2009), considera que a percepção subjetiva de determinados bens como escassos, pode estimular de duas diferentes formas a ação econômica: através da satisfação direta das próprias necessidades subjetivas, naquilo que Weber denomina economia doméstica, ou por intermédio da oferta de bens e serviços para obtenção de lucro e posterior troca, o que pode ser traduzido como economia aquisitiva. Ambas as orientações são tipológicas e se encontram misturadas na realidade. Sua diferenciação torna-se possível, apenas após o encerramento de uma ampla cadeia de ações que conformariam diferentes tipos de ordem econômica. Neste caso, apesar da definição da orientação da ação social encontrar-se no plano dos indivíduos e dos sentidos subjetivamente atribuídos, ao passar para o plano da relação social haveria uma transição conceitual da orientação da ação para a coordenação da ação, onde os planos de ação dos atores seriam determinados em referência uns aos outros.

Logo, no plano da coordenação da ação haveria mecanismos como a luta, a concorrência, a dominação e diversos tipos de cooperação que conformariam a ordem social. Isso se torna relevante, pois, conforme a primazia do princípio de estruturação (doméstico ou aquisitivo) são organizadas diferentes formas pelas quais as comunidades satisfazem suas necessidades, configurando-se, assim, dois tipos ideais de organização: a economia de troca, baseada no princípio aquisitivo, e a economia planificada, orientada pela economia doméstica. Para a satisfação das necessidades por meio de uma economia de troca capitalista, há uma série de condições institucionais necessárias, tais como a institucionalização da liberdade de mercado – por meio de contratos, mercado de bens, mercado de trabalho, liberdade de iniciativa empresarial – e a aplicação efetiva de leis que restringem a apropriação de pessoas (escavidão, servidão) e possibilidades econômicas (monopólios) e ampliam a possibilidade de apropriação de bens materiais (WEBER, 2009).

Ainda segundo Weber, a existência de um capitalismo de tipo racional moderno, orientado para o lucro e para o cálculo de capital, depende da garantia de uma previsibilidade que só pode ser proporcionada por um sistema jurídico independente e um sistemas monetário racional gerido pelo Estado (SWEDBERG, 2005b). O que faz do Estado moderno, um pré-requisito essencial à formação das relações de mercado capitalistas. Nesses termos, o Estado e o direito racional assumem a função de garantir que os lucros sejam gerados principalmente por atividade produtiva e não por extrações parasitárias. Ou seja, o estabelecimento de uma ordem econômica como o capitalismo ocidental, regida pelo cálculo racional de capital e fundada no mercado, depende da existência de alguns pressupostos socioinstitucionais, como a formação de um ethos profissional-racional e um arranjo institucional racional e previsível.

Esse tipo de leitura sobre a relevância do Estado para a economia capitalista contraria a ideia neoclássica de que as economias de mercado funcionam melhor quanto menor a interferência do governo. Os sociólogos econômicos (BLOCK; EVANS, 2005; EVANS, 1995) contestaram essa afirmação, argumentando que mesmo as economias mais orientadas para o mercado dependem de estruturas políticas e legais e sugeriram uma relação entre a complexidade da burocracia estatal e a complexidade das atividades econômicas que demandam seu suporte (EVANS, 1995; BLOCK, 2008; 2011; MAZZUCATO, 2015).

No mundo contemporâneo, além das tarefas clássicas de exercer o monopólio do uso legítimo da violência e garantir a ordem, o Estado moderno busca garantir níveis mínimos de bem-estar e promover a transformação econômica (EVANS, 1995). Todavia, a promoção dessas transformações não se restringe as estratégias desenvolvimentistas tradicionais, de centralização dos investimentos em metas de crescimento da produção industrial e de infraestrutura, mas envolve a disponibilização de recursos necessários para mobilizar os meios de produção a serem recombinados na inovação; a criação de redes de financiamento; a articulação de múltiplos esforços inovativos desenvolvidos em laboratórios governamentais e empresariais; e a abertura de janelas de oportunidades, cuja finalidade é descortinar a possibilidade de inserção em mercados ainda inexplorados (BLOCK, 2008).

Contrariando a tese de que o dinamismo inovador de países como os EUA seria derivado dos mecanismos de mercado e da sua reduzida intervenção governamental, diversas pesquisas recentes (BLOCK, 2008; BLOCK; KELLER, 2011) apontam para um conjunto

de esforços do governo norte-americano, altamente descentralizados, projetados para acelerar o progresso tecnológico e superar barreiras específicas.

Essas pesquisas também estão fundamentadas no pressuposto da existência de uma base institucional para o funcionamento da economia. Porém, uma vez que o Estado burocrático, racional e previsível é entendido como uma condição indispensável para a atividade econômica no capitalismo moderno (WEBER, 2009), não se trata de avaliar o grau de variação do Estado na economia, mas de buscar compreender suas diferentes formas de intervenção, que variariam conforme a complexidade das atividades econômicas (EVANS, 1995, 1998; MAZZUCATO, 2015).

A premissa de que arranjos institucionais influenciam as dinâmicas de inovação das empresas é algo fundamental para a compreensão da produção social da inovação e vai além da proposta deste modelo. Logo, o presente estudo optou por analisar o arranjo institucional em que a inovação ocorre, com base nos seguintes critérios:

1. Padrões de intermediação indústria/governo: formas de associações de representação (de classe, patronal ou setorial) e modelos de negociação de interesses;
2. Sistemas de financiamento: origem e formas de financiamento das empresas;
3. Governança corporativa: formas de controle e participação no capital das empresas;
4. Políticas de inovação: mecanismos de coordenação, regulamentação, transferência tecnológica e intervenção financeira e comercial.
5. Sistema de educação e treinamento: escopo da formação e natureza dos institutos de ensino e pesquisa.

Antes de avançar para as definições sobre mercados, três considerações devem ser feitas em relação a essa análise dos arranjos institucionais. Primeiramente, estes arranjos devem ser observados considerando as diferenças relativas ao setor da economia em que a novidade tecnológica busca se afirmar. Em geral, os setores possuem diferentes padrões de interação e concorrência, graus de influência nas políticas públicas, perfis de conhecimento e qualificação, padrões de investimento e políticas setoriais particulares, conforme a trajetória específica de cada um. Em segundo lugar, deve-se observar que estes arranjos institucionais influenciam não apenas na forma como os atores se posicionam, na rede de inovação (de

forma central ou periférica, presentes ou ausentes), mas também na maneira como estes atores se ligam entre si. A colaboração, ou não, com uma agência de desenvolvimento, o financiamento direto de um banco público ou a presença de uma empresa de capital de risco, são exemplos disso. Por fim, deve-se ter em mente as dinâmicas de mudança institucional, isto é, a possibilidade destes arranjos se modificarem ao longo do tempo, a partir da ação dos próprios atores. O que leva à ideia central desta pesquisa: este arranjo é um conjunto de associações e instituições sociais, que regulam e garantem as relações econômicas, porém, o processo de introdução de inovações, depende da transformação dessas formas de regulação e seus conteúdos, que seria modelada pela ação conjunta dos atores da rede de inovação.

Conforme visto, princípios de coordenação concorrentes e recombinantes dariam origem a contextos institucionais específicos, assim como a formas particulares de distribuição de bens e serviços. Portanto, mesmo o padrão de distribuição realizado através dos mercados estaria inserido no interior de arranjos institucionais que influenciariam sua dinâmica de troca e concorrência. Sob este aspecto, mercados são espaços concretos de relações sociais estruturadas, em que se realiza a distribuição de um determinado bem ou serviço por intermédio de troca comercial. Estas relações sociais de troca são marcadas pela luta de preços, pela concorrência e pela regulação por determinadas ordens sociais. Com esta definição, espera-se distinguir os arranjos institucionais que configuram as economias e seus processos de produção, distribuição e consumo, da análise sobre os mercados, como formas concretas de distribuição de determinado produto ou serviço, que operam no interior destes arranjos, através da troca comercial.

3.1.2. Mercados concretos

Como se discutiu anteriormente, a definição do conceito de mercado tem implicações diretas sobre a concepção do modelo de inovações. Logo, um estudo sobre a produção social de inovações deve levar em consideração a questão da dinâmica dos mercados, atentando para suas contingências e especificidades, a partir de diferentes dimensões envolvidas. Isso significa não apenas relativizar a noção neoclássica de mercado, considerado um mecanismo autônomo de trocas e ajuste de preços, em que o contexto social não é considerado, mas

perceber, junto aos fatores institucionais e políticos, o papel destes instrumentos na formação e na transformação dos mercados.

Isso implica uma análise que considere os mercados como espaços concretos de relações sociais dinâmicas, formas recorrentes e padronizadas de relações comerciais entre atores, pautadas e mantidas por meio de sanções políticas e institucionais (SWEDBERG, 2005b), e por relações de confiança e reciprocidade (GRANOVETER, 2007), mas também passíveis de transformações. Ou seja, uma abordagem que entenda a racionalidade dos atores como uma condição necessária, mas não suficiente para a ação neste contexto. Essa só pode ser compreendida no interior de um espaço de relações sociais, onde as trocas ocorrem em conformidade com entendimentos locais, normas formais e informais, expectativas compartilhadas, e valores substantivos que orientam a conduta dos atores.

Essa perspectiva dos mercados como espaços de relações sociais, onde ocorrem disputas reguladas, pode ser entendida por intermédio das mencionadas ordens sociais consideradas legítimas, garantidas ou não, por aparatos administrativos (WEBER, 2009). Conforme esta proposta, a mercabilidade de determinados objetos, as condições de troca e a participação dos possíveis interessados nos mercados são reguladas e limitadas por ordens sociais consideradas legítimas com base em tradições, convenções ou normas. Essa regulamentação do mercado influencia também sobre o seu grau de abertura em relação a participantes externos em diferentes momentos (SWEDBERG, 2005a).

No entanto, não se trata apenas de um aparato jurídico-administrativo formal, pois essa ordem precisa ser considerada empiricamente válida pelos atores mutuamente referidos, para orientar suas ações. Isso significa que a coordenação seria baseada na probabilidade da ação, em referência a outros e ser orientada com base nessa ordem considerada legítima, estabelecendo assim, formas de coordenação da ação social, a partir da chance de se desenrolar determinada ação.

Segundo Weber, há dois tipos de vigência, não excludentes, de uma ordem: convenção, “quando sua vigência está garantida externamente pela probabilidade de que, dentro de determinado círculo de pessoas, um comportamento discordante tropeçará com reprovação relativamente geral e praticamente sensível” (WEBER, 2009, p. 21) e direito, “quando está garantida externamente pela probabilidade de coação (física ou psíquica) exercida por determinado quadro de pessoas cuja função específica consiste em forçar a observação dessa ordem ou castigar sua violação” (Idem).

Nestes termos, a coordenação de um curso de ação nestes espaços de relações sociais (mercados) dependeria não apenas dos interesses, das regras e aparatos administrativos formalmente instituídos, mas também de representações empíricas sobre valores sociais no interior de uma ordem afirmada como legítima. Por isso, para que uma ordem seja levada em consideração, mais que sua vigência jurídica, é necessário que ela seja considerada empiricamente válida pelos atores. Logo, a coordenação da ação no interior de um mercado seria baseada na probabilidade da ação, em referência a outros, ser orientada com base em “ordens que o agente conhece como leis e convenções 'em vigor', isto é, ele sabe que sua transgressão provocará determinadas reações de terceiros” (WEBER, 2009, p.20).

Dito isso, ao realizar a análise dos mercados em que a inovação busca se inserir, são observadas as **formas de regulação formalmente instituídas** e consideradas, garantidas por aparato administrativo, tais como leis, normas, acordos e regras, e as **formas de regulação não formais**, como convenções, hábitos e costumes. Como será visto nas seções seguintes, a maneira com que essas regulações se relacionam com as propostas de inovação produz situações de alinhamento ou desalinhamento institucional, que acabam por atuar como mecanismos de indução ou bloqueio à inovação. Nestes termos, é em relação a essas regras, normas e políticas que os interesses articulados dos atores da rede se encontram alinhados ou não. Já a legitimidade, como mecanismo, relaciona-se às formas de regulação não formais, aos entendimentos normativos compartilhados sobre os conteúdos qualitativos dos bens e produtos (bom, confiável, sustentável, limpo). Cabe referir que essas regulações não determinam necessariamente as relações entre os atores, antes, atuam como concepções de controle, isto é, se referem “aos entendimentos que estruturam as percepções sobre como funciona um mercado, permitindo que os atores interpretem seu mundo e ajam no sentido de controlar as situações” (FLIGSTEIN, p.30, 2001).

Outra característica fundamental dos mercados, enquanto espaços de relações sociais, é a referida disputa, ou concorrência por preços, típica desta forma de distribuição. Por definição, o mercado envolve sempre uma pluralidade de interessados que competem por oportunidades de troca (WEBER, 2009), porém, essa concorrência, além de ocorrer no interior de uma ordem social, perdura-se no tempo de maneira a estruturar as posições dos atores nestes espaços de relações. Isso significa que a troca social em mercados concretos não é, necessariamente, aleatória e anônima. Pelo contrário, os atores no mercado

buscariam fortalecer e consolidar seu poder de disposição e suas posições de forma a garantir sua sobrevivência neste espaço e, para isso, desenvolveriam diferentes estratégias visando controlar os termos da competição. O comportamento ambíguo de empresas estabelecidas, em relação a novidade tecnológica, é uma dessas estratégias.

Os produtores, em especial, fazem uso de estratégias de cooperação, combinação e diferenciação de produtos como forma de controlar a concorrência e promover a sobrevivências de suas empresas (FLIGSTEIN; DAUTER, 2012). O Estado, condição necessária para este espaço de trocas, regula formalmente a competição por intermédio de leis, barreiras comerciais, direitos de propriedade, leis antitruste, etc., mas também intervém nos mercados, de forma mais ou menos direta, através de agências reguladoras, participação no capital das empresas, políticas de crédito e fiscais, entre outras. Em função deste papel central do Estado nos mercados, a extensão e a direção de sua intervenção é fruto constante de disputas entre grupos de interesses organizados, que buscam influenciar o conteúdo destas leis e sua aplicabilidade. Por isso, como será visto adiante, uma baixa conectividade da rede, isto é, uma articulação fraca dos interesses dos atores da rede de inovação, face aos interesses dos estabelecidos, opera como um entrave à inovação.

Portanto, os mercados se estruturam no interior de convenções e aparatos jurídico-administrativos formais que garantem e regulam as relações de concorrência e cooperação, porém, essas mesmas dinâmicas podem pressioná-los no sentido de promover mudanças nestas regras e dar origem a novas configurações. Nestes processos de estruturação dos mercados, é possível perceber distintas fases (formação, estabilidade, crise) e diferentes posições ocupadas pelos participantes em relação a estas regras e ao espaço que ocupam na disputa. Fligstein (2001), referindo-se às empresas em um mercado, distingue-as em estabelecidas (grandes empresas que controlam grande parte dos recursos externos, possuem vantagens consolidadas e exercem importante influência nas formas de regulação e nos entendimentos compartilhados) e desafiantes (empresas menores, geralmente novas, que baseiam suas ações nas maiores, mas com reduzido poder de influência nas formas de regulação).

Nestes termos, os mercados são como uma construção político-cultural baseada em critérios de legitimidade e, como tal, perpassada por embates, interesses e visões de mundo conflitantes (FLIGSTEIN, 2001). Estas posições e perspectivas conflitantes, principalmente em relação aos desafios impostos ao mercado e à mudança tecnológica, vinculam-se às

expectativas sob o crescimento de mercados em formação ou em crise. Tendo isso em vista, a análise da produção social da inovação buscou ressaltar os fatores concorrenciais desses mercados, mas sem perder de vista a estabilidade necessária para seu funcionamento e a busca pela criação de mundos estáveis.

Essa concepção do mercado como um espaço estruturado de relações sociais em que ocorrem disputas entre atores em diferentes posições, auxilia na compreensão das mudanças no mercado automotivo, a partir da inserção do automóvel elétrico, como uma disputa pelos entendimentos compartilhados e regras que regulam o mercado, pois essa concepção implica, também, um configuração de “problemas” específicos, passíveis de soluções alternativas. Neste sentido, a implementação de uma inovação no mercado não envolve apenas a disputa por posições, com as montadoras de automóveis elétricos desafiando a posição dominante das montadoras convencionais de automóveis movidos à combustão interna, mas as próprias formas de regulação do mercado encontram-se sob tensão com o surgimento de novas práticas de compartilhamento de veículos e formas de inter-relação com os consumidores.

Com base nessa definição de mercado, a inovação pode ser pensada como um elemento disruptivo de disputa, um fator novo com potencial de alterar as formas de regulação do mercado e promover mudanças nas suas configurações, inclusive, mudanças capazes de afetar outros mercados adjacentes. Logo, torna-se relevante investigar esses espaços onde se desenrolam os processos de inovação, principalmente em termos de gargalos tecnológicos, problemas sociais e disputas em jogo, pois, conforme definido anteriormente, a inovação envolve um estado novo de coisas, isto é, uma novidade que se insere num contexto anterior e o reformula. Estes contextos são espaços sociais, mais ou menos consolidados e mapeados, caracterizados por determinadas formas de atuação, expectativas e posicionamentos vigentes. Nestes termos, trata-se de espaços de relações mais amplos, em que os atores sociais orientam suas ações para além de suas interações imediatas, isto é, espaços de disputa em que são observadas regras compartilhadas, como leis ou entendimentos coletivos no interior de uma ordem considerada legítima.

Contudo, isso não significa que a estruturação do mercado determina o processo inovativo, antes ele ocorre no interior deste espaço de relações em que os atores sociais, envolvidos nas diferentes fases da inovação, coordenam suas ações (disputam, cooperam, negociam, colaboram) a partir de entendimentos compartilhados sobre estas interações. Por

seu turno, a coordenação dessa interação ocorreria por intermédio de redes, isto é, através de suas diferentes ligações, os atores observam essas “chances” de ação recíproca e orientam suas ações no sentido de transformar o mercado tecnológica e institucionalmente.

Assim, a análise das redes de inovação no interior dos mercados permitiria compreender as dinâmicas de cooperação e concorrência entre os atores sociais envolvidos no processo de inovação, pois relaciona suas identidades, motivações e interesses, ao conjunto de formas de regulação estabelecidas e em disputa. Por seu turno, como será visto nas seções seguintes, a coordenação da ação, com base nessas dinâmicas, seria intermediada por mecanismos que tendem a favorecer ou dificultar a implementação da inovação, conforme a rede, com sua complementariedade e complexidade, se articula em relação ao mercado.

Estas redes não se formam de maneira espontânea ou se propagam no vácuo são, antes, tramas distintas de atores sociais, que conformam uma pluralidade de interesses, e buscam transformar o contexto em que estão inseridos. Portanto, a investigação sobre o papel das redes de inovação nos mercados passa, necessariamente, por estas dinâmicas de coordenação de ações mutuamente referidas, com base nas motivações e nos interesses que os atores sociais mobilizam na sua atuação, no interior de um espaço de relações regulado e disputado. Assim, caberia investigar, além dos mercados - com suas (1) formas de regulação informais e formais, garantidas por intermédio de aparatos administrativos e suas (2) posições em disputa no interior destes espaços de relações - as redes e suas configurações, em termos de dinâmicas de articulação de interesses e competências.

Portanto, a utilização dos modelos de rede, junto a uma perspectiva sociológica que considera o papel dos sistemas regulativos e institucionais nos processos inovativos, permite compreender não apenas o interesse dos atores, mas também o modelo de suas interações nestes mercados (RAMELLA, 2013), proposta que introduz uma maior contingência aos processos de inovação, e auxilia na compreensão da produção social de inovações em diferentes contextos sociais.

3.2. INTERPRETANDO REDES DE INOVAÇÃO

Conforme mencionado no capítulo anterior, as abordagens relacionais foram cruciais na demonstração da importância das redes de atores para o processo inovativo. Sejam elas redes de associação entre pesquisadores, ou empreendedores (VEDRES; STARK, 2010), redes sociotécnicas (CALLON, 1980), redes de articulação entre estados, empresas e universidades (ALMEIDA, 2014; GARCIA, 2015), ou redes de difusão de inovações (ROGERS, 1995). Nesses estudos, as análises de redes auxiliaram na investigação de fenômenos importantes para o processo inovativo, como: o desenvolvimento de novas tecnologias, por intermédio da transmissão de informações através de cadeias de conhecidos; a estabilização de uma inovação, por meio de processos de tradução; e a difusão de inovações no interior dos sistemas sociais.

Essa relevância deve-se à crescente ênfase dedicada à interação entre atores diferentes e às dinâmicas de complementaridade entre estas diferenças na produção e na difusão de inovações. Nas palavras de Powell e Grodal (2006), atualmente, nenhuma empresa detém, sozinha, todas as habilidades e competências necessárias para se manter no topo de todas as áreas de progresso tecnológico e desenvolver inovações relevantes para o mercado, ou seja, as redes de colaboração tornaram-se centrais para os processos de inovação devido ao seu caráter colaborativo e complementar.

Todavia, essas abordagens e as diversas concepções de rede nelas implicadas, tendem a ressaltar momentos específicos da inovação, deixando de lado outros tão importantes quanto para a sua compreensão¹⁷. Mais especificamente, percebe-se que as abordagens próximas da Análise de Redes Sociais ressaltam os papéis das redes de interação como um meio para a circulação de informações, a transmissão de conhecimentos e a coordenação das ações no sentido de produzir inovações. Por seu turno, as estruturas de interação (ROGERS, 1995) voltam-se para as dinâmicas de difusão das inovações e o papel de agentes influentes nesse processo. Ao passo que as análises das redes sociotécnicas enfocam os processos de agenciamento, estabilização e difusão dos aparatos tecnológicos.

Não há dúvida em relação às diferenças epistemológicas entre as abordagens, porém, acredita-se que no plano teórico-metodológico é possível articulá-las de forma a produzir um modelo de análise complementar, capaz de levar em consideração o importante papel das

¹⁷ Ainda que as abordagens neoschumpeterianas abarquem os diversos momentos do processo de inovação, chamando a atenção para a importância da inovação incremental, da adaptação e da difusão de inovação, tanto quanto para o desenvolvimento das inovações, a ênfase dessas abordagens tende a repousar sobre uma perspectiva sistêmica, antes de uma perspectiva relacional.

redes na produção de proximidades, na redução de incertezas, na transmissão de conhecimento e na difusão de novidades. Mas que também considere a dimensão contingente do processo, o papel da rede em si e as características técnicas do aparato, as quais correspondem às decisões técnicas que contribuem para definir os grupos sociais relacionados à inovação, caracterizando alguns como aliados e outros como adversários ou céticos (AKRICH et al, 2002).

Isso significa reputar a rede de inovação não como um *locus* privilegiado onde ocorre a inovação, de forma mais ou menos automática, mas como uma trama de atores sociais heterogêneos engajados, de diferentes formas, ao processo e ao aparato. Em outras palavras, redes de inovação como a principal forma de articulação e atuação, no processo de implementação da novidade, tal como na proposta das redes sociotécnicas, porém redes cuja estrutura e tipos de ligações importem tanto quanto os processos de negociação de interesses e agenciamento de competências, isto é, uma rede sociopolítica. Tendo em vista a construção desta proposta, os parágrafos seguintes destinam-se à descrição do conceito de **redes de inovações e suas dimensões**, a partir das principais críticas formuladas com base na bibliografia especializada.

Uma primeira e mais comum crítica à noção de redes sociais, que orienta parte das Análises de Redes Sociais (ARS), refere-se a sua proximidade com a ideia de estruturas determinantes. Segundo essa crítica, as redes atuariam como estruturas que se imporiam sobre os indivíduos, como mecanismos mais ou menos automáticos, a ponto de a análise de redes ser taxada como um outro tipo de estruturalismo (MIZRUCHI, 2006). Este debate, necessariamente, remete às críticas formuladas em relação à teoria da ação social imersa em redes de relações sociais, do Granovetter, e ao caráter determinante das redes (RAUD-MATTEDI, 2005). De acordo com essas críticas, Granovetter teria realizado uma contribuição teórica ao sublinhar a importância das mediações sociais nos fenômenos econômicos, criando ferramentas sociológicas de análise desses fenômenos, porém, ao enfatizar o peso das redes sociais, teria deixado de lado, dimensões importantes, tais como a cultural (ZELIZER, 2005; DIMAGGIO, 2005), e a política (FLIGSTEIN, 2001) implicadas na ação.

Uma forma de atenuar este viés determinista das redes sociais pode ser encontrada no interior da teoria das redes complexas (BARABÁSI; NEWMAN; WATTS, 2006), quando esta viabiliza a ideia de que as redes sociais são compostas por nós dotados de identidade social. Isto é, as diversas identidades dos atores definem tanto o mapa quanto a bússola necessária

para orientar-se nas redes sociais (RAMELLA, 2013). Mais especificamente, as redes sociais tendem a ser homogêneas em diversas características, obedecendo ao princípio implícito de que semelhança gera conexão, porém essas redes similares são interconectadas e sobrepostas, o que permite aos atores, quando suficientemente motivados, transporem barreiras e acessar outros contextos sociais.

Segundo Ramella (2013), as identidades e interações sociais são multidimensionais e isso permite navegar através de contextos diversos, superando amplas distâncias. Este duplo perfil das identidades sociais plasma as redes sociais segundo dois princípios que agem em sentido oposto: 1) homofilia, que produz pequenos mundos locais, segundo critérios de homogeneidade; e 2) multidimensionalidade que, ao contrário, torna pequeno o mundo global, permitindo que se atravessem os confinamentos dos pequenos mundos locais. Em outras palavras, o elemento distintivo das redes sociais é que estas são compostas por atores sociais que manipulam, intencionalmente, suas relações e estas condicionam as propriedades que as redes desenvolvem.

Portanto, uma análise de redes sociais que pretenda compreender a transposição de barreiras estruturais e a negociação de interesses, na articulação de redes, deve considerar, além de sua estrutura e morfologia, a identidade dos atores que a conformam e suas diferentes motivações na trama de relações. Logo, não bastaria conceber a ação dos atores sociais como condicionada pelo seu pertencimento a redes de relações interpessoais (GRANOVETER, 2007), mas buscar nas suas motivações a possibilidade de tecer novos laços e promover mudanças na estrutura das redes. Isto é, conceber os atores como elementos capazes de mobilizar habilidades e contatos com a finalidade de formar redes e superar barreiras.

3.2.1. Os nós da rede

A primeira dimensão integrante do conceito de redes de inovação são os nós que as compõem. Mais especificamente, interessa-se pela natureza destes atores: quem são, quais são seus objetivos e posição que ocupam, em relação aos outros atores. Essas são questões relevantes para a compreensão do papel que esses atores exercem no processo, e também

para o entendimento sobre as dinâmicas da própria da rede, uma vez que determinados atores são responsáveis por proporcionarem interações específicas.

Parte da bibliografia relacional sobre inovação (ETZKOWITZ, 2009; ETZKOWITZ; ZHOU, 2017) propõe separar os atores, a partir de seu pertencimento a esferas institucionais primárias (universidade, indústria, governo) as quais, dependendo do processo de interação entre elas, dariam origem a instituições secundárias (organizações híbridas) e desencadeariam dinâmicas de troca e fortalecimento mútuos. É o que Etzkowitz chama de modelo hélice tríplice, uma situação em que a interação dinâmica entre essas três esferas estimularia a emergência de diversas instituições de intermediação e o surgimento de novos papéis e funções internas às empresas, às universidades e às agências governamentais envolvidas. Em última análise, essa intersecção tende a gerar tensões entre a independência das três hélices envolvidas e as alterações provocadas em seu interior por conta dos laços de interdependência formados na intersecção (ETZKOWITZ, 2009).

Como a formação de hélices tríplices tende a engendrar uma tensão entre a intersecção hélice-tríplice e a independência de cada hélice frente às demais, é quase inevitável que isso venha acompanhado de uma série de conflitos entre os papéis que de alguma forma mantêm a independência das esferas e os novos papéis construídos em função da interdependência emergente com a formação de uma hélice-tríplice. O saldo, contudo, não é necessariamente negativo, na medida em que a busca de soluções para esses conflitos pode fomentar o aperfeiçoamento dos laços que articulam essas duas dinâmicas (de independência e de interdependência), estimular o incremento correspondente da qualidade dos processos de inovação englobados e ensejar a emergência de um ciclo virtuoso, ou sinérgico, entre as hélices em relação.

Apesar de suas importantes considerações sobre a dinâmica de interação entre diferentes atores institucionais, a hélice tríplice da inovação (ETZKOWITZ, 2009) tende a focar, essencialmente, o momento do desenvolvimento da inovação, deixando de lado outros momentos importantes do processo inovativo.

No entanto, conforme mencionado anteriormente, as redes de inovação se articulam, de forma complexa e heterogênea, para além do desenvolvimento da inovação. Isto é, são redes compostas por atores sociais com diferentes identidades, motivações e interesses em relação à inovação, mas também por organizações (empresas, universidades, institutos de pesquisa, associações profissionais, governos). Dessa forma, a dinâmica das redes torna-se

dependente dos processos de interação desses grupos heterogêneos de nós, capazes influenciar a maneira como os grupos sociais relacionam-se à inovação em diferentes momentos do processo inovativo. Logo, torna-se necessária uma categorização capaz de apreender todo o conjunto de atores heterogêneos, mais ou menos coordenados, que participam coletivamente da inovação e organizam as relações entre desenvolvimento científico, comercialização, utilização e difusão das inovações.

Tendo em vista a natureza institucional dos atores, seus interesses e seus papéis na ordem econômica, eles foram categorizados da seguinte forma: a) Empresas privadas: associações econômicas de natureza privada, de caráter racional relativo a fins, voltadas para o lucro e para a atividade econômica organizada; b) Institutos de pesquisa e ensino: associações públicas ou privadas, com finanças próprias, voltadas para a formação de profissionais, pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e para a incubação de empresas inovadoras; c) Administrações públicas: associações de caráter público, primariamente extraeconômicas, cujas ordens¹⁸ regulam as ações econômicas de modo formal, estabelecendo determinadas regras e garantindo oportunidades; d) Usuários: grupos mais ou menos organizados de atores que utilizam a inovação; e) Organizações não lucrativas: associações sem fins lucrativos que visam influenciar o conteúdo de sentido das ordens econômicas em alguma direção específica; e f) Associações profissionais: associações de classe e patronais cuja direção busca regular, de modo material, o conteúdo e as tendências da ação econômica.

Essa categorização dos atores permite lançar foco sobre outros elementos importantes no processo inovativo, para além dos clássicos atores-chave produtivos (empreendedor, grande empresa, centros de pesquisa) e, conseqüentemente, observar outros momentos e processos da inovação. Ademais, pela natureza e objetivo destes diferentes atores, é possível perceber a existência de potenciais conflitos de interesse e disputas ao longo do processo. Isto é, essa categorização auxilia na observação da dimensão contingente e contraditória das redes de inovação de geometria e composição variável, pois tensiona pressupostos, mais ou menos mecânicos, de geração de inovação a partir de determinados fatores técnico-econômicos. Além disso, trazem à tona, o debate de como se

18 Ver seção 3.2.

articulam estas redes e como se negociam os diversos interesses e competências em jogo, inserindo assim um maior grau de contingência social ao processo inovativo.

3.2.2. As ligações da rede

Diretamente vinculada à questão anterior, a segunda dimensão do conceito de redes de inovação são as ligações entre os nós da rede. Na bibliografia sobre análise de redes sociais, existem diversas formas de conceituar os tipos de ligações. Uma das mais conhecidas encontra-se na referida teoria de Granovetter (1973) sobre a força dos laços fracos. Aqui, os laços são pensados em termos interpessoais e sua diferença é marcada pelo grau de intensidade da ligação. Enquanto os laços fortes seriam baseados em interações regulares e interesses comuns, os laços fracos seriam indiretos, de longo alcance e muito menos frequentes e, por isso, mais propícios à circulação de novidades. Ainda que essa tipologia seja importante para compreender a circulação de informações e o surgimento de relações de confiança imersas nas redes sociais, a proposta das redes de inovação busca apreender, para além destas, outras formas de relação entre os atores.

Para tanto, as redes de inovação integram, não apenas as ligações típicas que deram origem à rede como uma forma de coordenação econômica específica (POWELL, 1990) – ligações simétricas, recíprocas, relativamente flexíveis e colaborativas – mas são constituídas também por ligações burocráticas, típicas da hierarquia organizacional, e relações de troca puramente comerciais, típicas de situações de mercado. Logo, as redes de inovação, longe de comporem um todo simétrico e harmônico de atores com um objetivo comum, são perpassadas pela coexistência de ligações orientadas por diferentes princípios de coordenação (PROTA, 2016), mutáveis e passíveis de transformação ao longo do tempo.

Isso implica em diferentes formas de interação entre os atores de uma mesma rede e na possibilidade de dinâmicas mais ou menos favoráveis à inovação, dependendo do tipo e do conteúdo da ligação. Esses tipos de ligações são definidos com base nos conceitos de formas de coordenação econômica (POWELL, 1990), a partir dos seguintes critérios: duração e estabilidade dos laços, graus de simetria e de dependência dos atores conectados e os níveis de comprometimento.

Tais critérios (Quadro 3.1) buscam identificar os tipos de relações presentes nas redes de inovação, a fim de compreender como essas formas concorrentes e recombinantes de coordenação compõem as redes de inovação e afetam seus desempenhos em diferentes situações.

Quadro 3.1 – Critérios para os tipos de ligações

Tipo de ligação	Burocrática	Troca comercial	Colaborativa
Graus de flexibilidade da ligação	Baixa	Alta	Média
Relacionamento entre as partes	Assimétrico	Simétrico	Simétrico
Formas de dependência	Dependente	Independente	Interdependente
Nível de comprometimento	Alto	Baixo	Médio a alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diferentemente da concepção utilizada na análise de redes sociais (ARS), as relações imersas em redes densas de colaboração e confiança constituem, aqui, um dos princípios de coordenação que orientam um dos tipos de ligação da rede de inovações. Denominadas ligações de colaboração, trata-se de relações marcadas por laços relativamente flexíveis e recíprocos, onde os atores ocupam posições simétricas e são interdependentes entre si. Em outras palavras, ligações colaborativas, voltadas, principalmente, para trocas de informações, conhecimentos e trocas econômicas com alto grau de confiança.

Por seu turno, as ligações burocráticas são marcadas pela formalidade e estabilidade dos laços, onde os atores ocupam posições assimétricas e apresentam relações de dependência entre si. Trata-se de laços de controle, regulação, pertencimento e fiscalização, impostos por uma administração burocrática. Cabe lembrar que o conceito de administração burocrática envolve toda a organização social estruturada por intermédio de uma separação entre seu quadro administrativo e os meios de administração e produção, e cujo funcionamento é orientado pela autoridade institucional de uma ordem impessoal, objetiva e legalmente estatuída (WEBER, 2009).

O último tipo de ligação observado é a troca comercial, marcada por laços flexíveis e menos duráveis, onde os atores atuam de forma autointeressada e relativamente independente entre si, o que resultaria em trocas imediatas sem a necessidade de nenhum comprometimento futuro. Trata-se de ligações mediadas principalmente pelo preço, que

envolvem a troca de bens e serviços e onde a barganha e a concorrência operam de forma legítima.

Com base nesses diferentes tipos de ligações, as redes de inovação estabelecem distintos padrões de articulação entre os nós. Padrões esses que expressam a forma como os atores da rede articulam suas competências e negociam seus interesses ao longo do processo, com o propósito de desenvolver, difundir ou sustentar a inovação, bem como na superação dos entraves encontrados. Mais importante que a análise de um eventual predomínio de determinados tipos de ligações (colaborativas, burocráticas ou de troca comercial) nas redes, essa dimensão do conceito auxilia na compreensão de como alguns atores-chave para o processo se ligam aos outros e o que isso representa para a inovação. Por exemplo, uma ligação burocrática entre uma empresa e outra, pode representar um alto nível de comprometimento com a inovação em curso, por outro lado, a assimetria dessa relação pode dificultar a troca de experiência em um dos sentidos. No entanto, como será visto a seguir, este tipo de consideração depende também da estrutura da rede e do contexto em que essa se insere.

Antes de avançar em direção à descrição da dimensão estrutural da rede, convém ressaltar que estes tipos de ligações são construtos analíticos, isto é, ferramentas utilizadas para melhor ilustrar e compreender os diferentes tipos de princípios de coordenação que orientam as ações dos atores no interior das redes de inovação. Logo, dificilmente uma ligação será exclusivamente comercial, colaborativa ou burocrática, pois são tipos ideais. O mais provável é que apresentem características preponderantes de determinado tipo, com algumas especificidades relacionadas às suas contingências empíricas.

3.2.3. A estrutura da rede

A terceira dimensão de análise da rede de inovação é sua estrutura. Diretamente vinculada aos tipos de nós e ligações, esta dimensão busca ressaltar a relevância da posição dos atores na rede, com base na proximidade e na conectividade, para as dinâmicas de interação no interior da mesma. Para tanto são considerados, na própria constituição da rede, o número de ligações que os atores possuem, seu grau de centralidade, a partir destas ligações, e a proximidade entre eles.

Como será visto no Capítulo 6, a própria representação da rede, feita por intermédio de um *software* de análise e mapeamento de redes (*Graph Commons*), leva em consideração estes critérios. O tamanho dos nós e a posição que estes ocupam variam conforme o número de ligações que possuem, quanto mais ligações possui o nó, maior a sua representação e mais central sua posição na rede. Isso faz com que os nós com menos ligações sejam representados menores e em posições periféricas na rede.

Estes critérios são objeto de análise, pois parte da bibliografia especializada sobre inovação trata a questão da densidade e da conectividade como algo relevante para o processo inovativo, principalmente em relação à circulação de conhecimentos. Conforme visto no Capítulo 2, estes critérios são centrais para a concepção de modelos de rede como o *small world* (combinação de aglomerações locais densas com algumas ligações de longo alcance), porém, muito antes destes modelos surgirem, sociólogos do calibre de Simmel e Sombart já chamavam a atenção para a relevância da posição marginal de determinados atores para a emergência de novas condutas e mentalidades em relação à economia (RAMELLA, 2013).

Devido à posição periférica de alguns indivíduos e grupos sociais (imigrantes, estrangeiros, minorias étnicas e religiosas), haveria uma maior liberdade em relação às normas do grupo e uma maior possibilidade de recombinar ideias de outras experiências. Isso teria permitido com que estes indivíduos promovessem o uso da moeda, a acumulação de capitais, a difusão do comércio e das trocas, como forma de se estabelecerem. Ou seja, esta posição marginal favoreceria uma mentalidade disposta a atuar de forma inovadora em relação às convenções e costumes locais, a fim de encontrar/ produzir uma posição na sociedade capitalista emergente.

Com isso, percebe-se que a posição dos atores é relevante não apenas porque possibilita a obtenção de informações não-redundantes, colocando em contato ideias diversas que podem ser combinadas de diferentes maneiras, mas também porque posições marginais, onde existe uma menor intensidade das normas sociais e culturais dos grupos comunitários, possibilitam uma maior liberdade em relação aos mecanismos de controle social. Logo, este posicionamento não se refere apenas à distância espacial entre os atores, mas também a uma distância social e normativa. Distância que pode ser entendida em termos de uma proximidade multidimensional, como propôs Boschma (2005) ao analisar os

impactos das diferentes dimensões de proximidade – geográfica, cognitiva, social, organizacional e institucional – nos processos de aprendizagem interativa.

De fato, a proximidade em suas diferentes dimensões pode ser utilizada como elemento explicativo para processos importantes para a inovação, tais como: processos de geração de confiança através da proximidade social (GRANOVETTER, 2007); coordenação da ação entre organizações por intermédio de proximidade institucional; e transmissão de conhecimentos, tácitos ou formais, via proximidade geográfica (GERTLER, 2013). Porém, conforme visto, o excesso de proximidade também pode produzir impactos negativos, pois a falta de abertura e liberdade favorece o problema de aprisionamento das condutas e ideias (BOSCHMA, 2005).

Desse modo, a proximidade¹⁹ torna-se relevante para a compreensão das dinâmicas no interior das redes de inovação, pois a forma como as redes se estruturam e se desenvolvem ao longo do tempo depende das relações de proximidade entre os atores. Isso vale tanto para a geração de novos conhecimentos por intermédio de ligações de longo alcance, ou a execução de consórcios de pesquisa com base na proximidade geográfica, quanto para a participação de novos atores-chave nos processos de negociação de políticas de difusão, a partir de ligações de confiança. Em outras palavras, as redes são formadas por relações de proximidade/distanciamento variável que operam em todos os momentos do processo inovativo.

Nesse sentido, a rede de inovação, como esse conjunto heterogêneo de elementos, mutuamente imbricados e relacionados numa trama de ações recíprocas, mais ou menos coordenadas, torna-se adequada à proposta de inovação no interior de um processo inovativo complexo. Pois, além de permitir abarcar de uma só vez todos os momentos do processo, sem desconsiderar a relação entre produção e consumo, possibilita evidenciar a interdependência entre a atuação dos atores singulares e da rede como um todo. Isto é, essa perspectiva de análise não abarca apenas a relevância da rede em momentos segregados do processo (no desenvolvimento, comercialização, utilização e difusão das inovações), mas em sua totalidade, integrando à análise os processos de aceitação com base nas identidades e

¹⁹ Bochma (2005) define proximidade geográfica como distância espacial ou física entre atores; proximidade cognitiva como distância entre bases cognitivas que possibilitam a transmissão de um novo conhecimento; proximidade social como níveis de amizade, parentesco e confiança; proximidade organizacional como taxa de autonomia e grau de controle que pode ser exercido num arranjo organizacional; e proximidade institucional como a distância entre instituições formais e informais (leis, regras, valores, hábitos).

interesses mobilizados pelos atores, os processos de aprendizado e cooperação, vinculados às primeiras iniciativas e à coordenação da ação mutuamente referida e o papel de determinados atores nestas dinâmicas.

O Quadro 3.2 resume, em linhas gerais, o conceito de rede de inovação, com base nas dimensões de análise propostas e seus componentes. Além disso, o referido esquema busca servir de guia para a compreensão da forma como as redes de inovação serão representadas nos capítulos seguintes, tendo em vista os objetivos do estudo. A variação interna dessas dimensões fundamentou a análise das redes de inovação com base em três aspectos centrais que se destacam ao longo da presente seção: a complementariedade, a complexidade e o grau de articulação dos atores nas redes.

Quadro 3.2 – Conceito de Rede de inovação, dimensões e componentes.

Conceito	Dimensões	Componentes
Rede de inovação	Nós da rede	- Natureza institucional
		- Objetivos e interesses
		- Papéis na ordem econômica
	Tipos de ligação	- Grau de flexibilidade da ligação
		- Tipo de relacionamento entre as partes
		- Forma de dependência entre os atores
		- Nível de comprometimento
	Estrutura da rede	- Densidade
		- Conectividade
- Proximidade entre atores		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses aspectos são centrais para a análise das redes de inovação, pois, como será visto a seguir, relacionam-se com a capacidade das redes de produzir inovações e operar no interior dos mercados concretos. Afinal, o processo de produção social da inovação depende da complementariedade de competências, saberes e recursos para a implementação da novidade, mas também de certa articulação entre os atores para estabelecer ligações, realizar negociações, superar a ordem consolidada e gerar um mínimo de convencimento e adesão à novidade.

Por outro lado, essa articulação e o engajamento de atores com competências complementares à rede não são suficientes para a inovação, pois essa articulação pode ser aplicada no sentido da continuidade, da reprodução da ordem. É nesta perspectiva que a

produção social da inovação depende também da complexidade de interesses e de certa distância social e normativa capaz de gerar dissonâncias em relação ao estabelecido e fomentar a insurreição de um elemento de novidade. Logo, entende-se que uma rede de inovação precisa coadunar estes elementos de complementariedade, complexidade e articulação entre os atores para a realização da novidade e superação das resistências encontradas nos mercados.

Nestes termos, a complementariedade da rede diz respeito à presença de atores heterogêneos, nós com diferentes competências e informações, conectados de forma a possibilitar a intermediação entre estas diferenças para a produção e consolidação da novidade. A complexidade vincula-se, aos diferentes interesses dos atores, à existência de dissonância e distância social, necessárias para pressionar o estabelecido e levar a cabo a inovação. Por fim, o grau de articulação da rede se refere à capacidade de conexão entre os nós, a capacidade de articular e negociar esses diferentes interesses e competências dos atores, em todos os momentos do processo de inovação (produção, comercialização, utilização e difusão), de forma a impulsionar a inovação e superar os bloqueios.

Contudo, a forma como essas dinâmicas ocorrem encontram-se vinculadas a fatores específicos que se referem, em geral, à própria novidade tecnológica, seu grau de desenvolvimento e decisões técnicas que contribuem para definir a posição de grupos sociais em relação à inovação; às formas de bloqueio encontradas; e ao nível de coordenação e capacidade dos envolvidos para propor a novidade e transformar as formas de regulação de maneira favorável a sua implementação. Elementos estes que serão objetos de atenção das seções seguintes.

3.3. MECANISMOS DE INDUÇÃO E BLOQUEIO À INOVAÇÃO

Ao enfatizar o papel das redes de inovação, destacou-se o fato de que as características técnicas dos aparatos correspondem às decisões técnicas que, muitas vezes, contribuem para definir a forma como os grupos sociais se relacionam com a inovação. Esta definição está vinculada aos possíveis usos da tecnologia, aos interesses dos envolvidos e, também, ao fato de que, na grande maioria das vezes, um novo aparato tecnológico não surge na forma de dispositivos separados e isolados, mas aparece como parte de um sistema

tecnológico (MACKENZIE; WAJCAMAN, 1985). Isto é, com exceção de algo extremamente radical, a novidade tecnológica tende a integrar um conjunto de tecnologias preestabelecidas e relacionadas entre si.

Hughes (1983) chama de sistema tecnológico essa interdependência dos componentes que integram ou interligam componentes, do qual depende o próprio funcionamento da novidade tecnológica. Segundo esse autor, a necessidade de uma parte integrar-se ao sistema já estabelecido, impõe grandes restrições sobre a forma como esta parte será projetada e concebida. O automóvel elétrico, por exemplo, é em si um sistema ordenado de componentes – motor elétrico, conversores, conjunto de baterias, acionadores – e, para funcionar, depende de um conjunto mais amplo de sistemas, quais sejam, sistemas de controle, transmissão, segurança, recarga, interface com usuário etc.

Além disso, Hughes (1983) propõe que a integração de tecnologias em sistemas dá origem a um padrão particular de inovação baseado no desenvolvimento desigual da tecnologia. Chamado de *reverse salient*, este padrão seria algo como um gargalo tecnológico, uma área específica em que o desenvolvimento da tecnologia se encontra em atraso ou em descompasso em relação a outras áreas. Isso faria com que a grande parte dos desenvolvimentos tecnológicos fosse gerada a partir de esforços voltados para a correção destes gargalos.

Embora a ênfase dessa elaboração resida na influência da condição sistêmica da tecnologia para o desenvolvimento de novas soluções e dispositivos, torna-se evidente esta mesma influência em relação à implementação da inovação. Isto é, para ficar no exemplo do automóvel elétrico, sua implementação depende de outros sistemas tecnológicos e setores industriais relacionados, tais como um sistema de fornecimento de energia elétrica adequado a este tipo de demanda, uma rede difusa de carregadores, uma estrutura rodoviária e uma rede de manutenção e fornecimento de autopeças.

Logo, o desenvolvimento de uma tecnologia depende do sistema em que ela se integra e da trajetória deste sistema, como bem defendem os teóricos da dependência de trajetória (*path dependence*), mas está ligado também, de forma interdependente, a outros setores da sociedade e da economia. Nas palavras de Cowan e Hultén (1996):

As complementaridades aparecem sequencialmente, à medida que inventores e inovadores resolvem problemas econômicos e técnicos que bloqueiam a realização dos benefícios econômicos de inovações anteriores. Esses problemas foram

identificados como gargalos, saliências inversas ou tensões estruturais. O problema envolvido neste processo de desenvolvimento não está confinado dentro das fronteiras industriais. Assim, a resolução de um problema em uma indústria pode frequentemente encontrar uma aplicação muito mais ampla do que se imaginava inicialmente, e, inversamente, inovações relevantes podem ser feitas por atores apenas vagamente relacionados à indústria (p.3).

Esse pode ser considerado o caso da mudança na direção das pesquisas e buscas por soluções para a reduzida capacidade das baterias dos carros elétricos, no início do século XX (Capítulo 4,) as quais acabaram ficando de lado após o surgimento e a popularização da partida elétrica. Segundo Cowan e Hultén (1996), só recentemente foram retomadas as pesquisas nesta direção e alcançada uma melhora significativa no desempenho das baterias, principalmente com as baterias de íon lítio. Esta retomada teria ocorrido a partir do crescimento do mercado de aparelhos eletrônicos portáteis e da demanda por baterias mais leves e duradouras, capazes de serem recarregadas com rapidez, o que, indiretamente, teria beneficiando os automóveis elétricos.

Desse modo, é possível perceber nesses desenvolvimentos da tecnologia, uma dinâmica sistêmica de interdependência, em cujo processo de estabilização, a inovação é interdependente das decisões econômicas, técnicas e políticas que ocorrem, gradualmente, na economia. Por seu turno, esta interdependência pode ser uma interação recíproca e construtiva entre tecnologias, mas pode também impedir o desenvolvimento de outras tecnologias (COWAN; HULTÉN, 1996), o que aponta para a existência de mecanismos de bloqueio e incentivo à inovação no interior dessas dinâmicas.

Antes de explorar as características desses mecanismos, torna-se importante esclarecer que a noção de sistema tecnológico, aqui mencionada, não se refere a uma perspectiva funcionalista, em que os atores de um sistema em particular existem para o propósito de servir a uma função determinada ou que são guiados, de maneira exclusiva, por essa função. Pelo contrário, como foi visto, os atores se organizam em redes de relações complexas e não compartilham, necessariamente, de objetivo idêntico. Mesmo se compartilhassem, não significaria que trabalham conscientemente nesta direção (JACOBSSON; BERGEK, 2004). Na realidade, a ideia de explorar os aspectos sistêmicos do desenvolvimento de uma tecnologia serve para ressaltar a referida interdependência com outros setores e o papel dos atores no processo, como também para captar as dinâmicas de evolução da inovação, a partir de suas transformações ao longo do tempo.

Isso implica assumir que, além de ter momentos no interior do processo de inovação (desenvolvimento, comercialização, utilização e difusão), a inovação dispõe de uma dinâmica evolutiva vinculada ao seu grau de desenvolvimento. Ou melhor, vinculada ao grau de autonomia e autossustentação das relações entre os atores da rede responsáveis pelos diferentes momentos do processo inovativo. Esta distinção importa, pois um período formativo de uma novidade tecnológica possui implicações diferentes, principalmente em termos de mecanismos de indução e bloqueio, que um período de maior consolidação, em cujo mercado esta tecnologia já se encontra estabelecida e em expansão.

Por exemplo, na descrição da trajetória tecnológica do automóvel elétrico (Capítulo 4), será retratado um período formativo, em que as diversas alternativas tecnológicas se encontravam em disputa e não havia uma predominância clara de nenhuma delas. O momento seguinte a essa disputa foi a consolidação do automóvel a gasolina, a partir da superação de bloqueios, como as questões jurídico-legal e do surgimento de incentivos e a política pública de expansão e pavimentação da rede rodoviária. Por seu turno, esta consolidação acabou por gerar importantes fontes das externalidades para o sistema, que dificultaram a entrada de novas alternativas tecnológicas ao automóvel a gasolina.

Assim, torna-se claro que numa disputa entre tecnologias, a novidade tecnológica terá que enfrentar uma série a mais de dificuldades que a tecnologia consolidada, e para isso precisará contar, na maioria das vezes, com mecanismos de indução para superar as vantagens cristalizadas da tecnologia estabelecida, bem como superar outros mecanismos de bloqueio, que podem ser derivados da configuração do mercado, ou da própria organização e mobilização dos atores da rede de inovação. Em outras palavras, existem mecanismos que tendem a favorecer o desenvolvimento de inovações em determinados períodos, ao passo que outros tendem a inibir sua implementação, e sua superação depende da atuação dos atores da rede e de suas capacidades de articulação e negociação.

Quadro 3.3 – Tipos de mecanismos de indução e bloqueio.

Mecanismos de indução	Mecanismos de bloqueio
Alinhamento institucional Entrada / atuação de novas empresas Retornos da formação de mercados Confiança no potencial de crescimento	Alta incerteza Falta de legitimidade Baixa conectividade Comportamento ambíguo das empresas Desalinhamento institucional

	Visão governamental de curto prazo
--	------------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o intuito de identificar e analisar o papel destes mecanismos nas redes de inovação, foram buscados na bibliografia especializada (JOHNSON; JACOBSSON, 2001; JACOBSSON; BERGEK, 2004) os principais tipos de mecanismos de indução e bloqueio relatados. A partir desta pesquisa e do confronto com a realidade investigada, foram formuladas as categorias de mecanismos apresentadas no Quadro 3.3.

Conforme discutido anteriormente, a inovação econômica envolve a introdução de uma novidade em um mercado concreto a partir da iniciativa e articulação de atores heterogêneos, em geral respondendo a um problema identificado e produzido pelo próprio mercado. Porém, a forma como esse processo acontece não depende exclusivamente da iniciativa dos atores engajados nas redes de inovação, ou da configuração do referido mercado, mas de uma relação de causalidade recursiva entre ambos. Todavia, devido à dinâmica sistêmica e interdependente da novidade tecnológica, a relação entre essas dimensões de análise não ocorre de forma imediata, antes, é intermediada por mecanismos que tendem a estimular, ou dificultar, o processo de produção social da inovação. Desse modo, os mecanismos de indução e bloqueio à inovação são conceitos importantes para captar a relação entre as redes de inovação e os mercados concretos, pois auxiliam na compreensão de como esses processos ocorrem.

3.2.1. Mecanismos de indução

O primeiro grupo de mecanismos envolve os fatores que tendem a favorecer o desenvolvimento e a implementação da novidade tecnológica, principalmente em seu período formativo, sem os quais dificilmente a inovação obteria sucesso. Entre estes mecanismos, o alinhamento da inovação a políticas públicas, novas ou já existentes, aparece como uma das formas mais conhecidas e documentadas. Com uma extensa bibliografia e uma área de estudos específica, as políticas públicas são analisadas e apontadas como

centrais para a inovação, desde a referida abordagem do *science and technology-push* (ALMEIDA, 2014) até os dias de hoje. Sobre este aspecto, Elder e Fagerberg (2017) demonstram a crescente popularização do termo “políticas de inovação” a partir da década de 1990 e o fortalecimento de políticas públicas como algo que pode ser relevante para a inovação. Aliás, um dos debates mais aquecidos, atualmente, no âmbito dos *innovation studies*, discorre justamente sobre o papel do Estado, por intermédio de políticas de financiamento, incentivo fiscal, regulação atividades, delimitação produtos, direitos de propriedade, na indução e bloqueio de inovações (BLOCK; KELLER, 2011; MAZZUCATO, 2015).

Uma primeira distinção entre essas políticas públicas, voltadas para a inovação, deriva daquela discussão entre *demand-pull* e *technology-push*, isto é, do papel da demanda e da oferta no direcionamento da inovação e no desenvolvimento de uma tecnologia. Para compreender a inovação além deste debate – relativamente superado a partir de estudos que demonstram, não apenas a contribuição de ambos os fatores, mas a necessária interação e complementariedade entre eles (NEMET, 2009) – a distinção entre o foco das políticas, voltadas para o fomento do mercado ou da produção de inovações, segue como algo relevante em debates políticos sobre a alocação de recursos públicos para estimular a inovação.

Nesse sentido, as políticas governamentais podem atuar no sentido de estimular à inovação, tanto pelo lado da oferta - por intermédio de créditos fiscais, subsídios, empréstimos, concessões ou outros benefícios financeiros para tecnologias específicas, investimentos diretos em P&D, políticas de treinamento e capacitação, serviços técnicos e consultorias, políticas de articulação e aproximação - quanto pelo lado da demanda, com créditos fiscais e descontos para consumidores de novas tecnologias, restrições a importações, compras governamentais, metas para padrões de consumo, mandatos tecnológicos, investimentos em infraestrutura, padrões regulatórios e impostos sobre tecnologias concorrentes.

Seja fomentando a formação de um mercado ou produzindo uma direção para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, grande parte dessas políticas de inovação possuem objetivos claros e metodologias de avaliação dos resultados. Porém, a proposta de alinhamento institucional, como mecanismo de indução, busca analisar, não o conteúdo da política em si, mas a forma como o conjunto de regras formais que compõe a política se relaciona com os interesses e propósitos dos atores que suportam a inovação. Assim, o

alinhamento institucional ocorre quando os interesses articulados dos atores da rede se encontram alinhados às políticas governamentais estabelecidas, em outras palavras, quando a produção, comercialização e utilização da inovação encontra-se formalmente regulada ou, até mesmo, estimulada por um conjunto de normas e regras formais.

Isso não significa que apenas o alinhamento a políticas concebidas para a inovação possa ser considerado mecanismo de indução. Devido ao caráter interdependente e histórico do desenvolvimento tecnológico, nada impede que políticas voltadas para outros setores econômicos e sociais atuem no sentido de estimular determinadas inovações. Políticas de saúde pública ou urbanismo, por exemplo, podem induzir ao estabelecimento de novidades tecnológicas na área de mobilidade, como no caso do sistema de compartilhamento de veículos elétricos. O mesmo princípio de interdependência vale para as políticas governamentais que atuam como mecanismos de bloqueio, discutidas logo a seguir. Em ambos os casos, o importante a ser ressaltado é a forma como as políticas alinham-se, ou não, aos propósitos articulados da rede e as consequências disso para o desenvolvimento da inovação.

Cabe destacar, assim como nos outros mecanismos, o caráter relacional desta dinâmica de alinhamento, pois sua efetuação não depende apenas da ordem social instituída de forma autônoma, mas da capacidade de articulação dos atores da rede. É essa capacidade de articulação dos diferentes interesses que possibilita a atuação coordenada da rede, o estabelecimento de ligações com atores importantes e a formação de coalizações de apoio à tecnologia, voltadas para políticas que favoreçam o desenvolvimento da inovação.

A entrada e a colaboração de novas empresas na rede de inovação é outro mecanismo de indução à inovação com esse caráter relacional, pois, em geral, novos entrantes tendem a fortalecer e agregar novas competências à rede, engendrando novas relações capazes de produzir novos conhecimentos, fornecer recursos e impulsionar o mercado em formação. Todavia, longe de ser automática, esta dinâmica também depende da capacidade de agenciamento e negociação dos atores envolvidos na rede e interessados na inovação. Do contrário, novos entrantes podem apresentar comportamentos ambíguos em relação à inovação e até mesmo bloquear desenvolvimentos futuros da tecnologia. Logo, cabe aos atores, interessados na inovação, coordenar suas ações, articular seus interesses e encontrar meios de superar estes bloqueios.

Além da capacidade de fortalecer as coalizações de apoio à tecnologia, novos entrantes na rede de inovação tendem a torná-la mais robusta e adaptável a novas situações. Nas palavras de Ferrary e Granovetter (2009), a heterogeneidade dos atores e seus papéis favorece uma maior complementariedade na rede e a torna mais resiliente em relação a mudanças radiais externas e a choques competitivos. Com efeito, para os autores, a complementariedade gerada por esta heterogeneidade de laços e atores em redes complexas seria o elemento principal para explicar o sucesso de clusters inovadores como o Vale do Silício. Nesses termos, a entrada de novas empresas na rede de inovação tenderia a contribuir com a complementariedade de competências, saberes e recursos passíveis de serem articulados na rede.

Outro mecanismo de indução importante são os retornos (*feedbacks*) advindos dos mercados em formação e experimentação. Conforme afirmado, a inovação é processual e retroativa, logo, depende deste ciclo para sua implementação e desenvolvimento. Não por acaso, os mercados são considerados espaços privilegiados para realizar esta conexão entre produção/desenvolvimento e utilização/difusão, possibilitando, assim, a experimentação da novidade tecnológica, a demonstração de sua viabilidade, a avaliação pelos usuários e a produção de retornos para os desenvolvedores e os gestores da inovação.

Esses retornos podem ser econômicos, com a geração de novos recursos e capitais, a partir da comercialização de bens e ações; técnicos e logísticos, com a realização de melhorias, a partir das experiências dos usuários; e sociais, no sentido de expandir a aceitação e a legitimidade da tecnologia no contexto onde ela se insere. Reside nesta dinâmica de retornos advindos dos mercados, a relevância da criação de ambientes de mercado protegidos, isto é, espaços protegidos para novas tecnologias, onde podem ocorrer processos de aprendizado e podem ser formadas novas preferências do consumidor. Do contrário, estas tecnologias em desenvolvimento dificilmente teriam a oportunidade de se estabelecerem face às vantagens estruturadas das tecnologias consolidadas no mercado.

No entanto, a criação destes ambientes, em uma escala relevante, depende da existência de interesses comerciais na rede, que vão além da experimentação e da incubação controlada de ideias e que implicam certa complexidade na rede. Ademais, estes ambientes de mercado protegidos também fornecem um estímulo à entrada de novas empresas na rede, as quais podem vir a preencher lacunas tecnológicas ou organizacionais e atender a

novas demandas não previstas (JACOBSSON; BERGK, 2004), expandindo a complementaridade da rede.

Um último mecanismo de indução a ser ressaltado é a confiança no potencial de crescimento da tecnologia. Menos palpável que os anteriores, este mecanismo baseia-se em dois princípios diferentes: O primeiro princípio assemelha-se à ideia de performatividade dos mercados formulada por Michel Callon (1998), isto é, a ideia de que as ciências econômicas, por intermédio de dispositivos e cálculos que envolvem tecnologias e artefatos específicos, performam, moldam e formatam os mercados. Neste sentido, processos como previsões de preços de commodities energéticas, análises de créditos de carbono e estimativas de difusão de determinadas tecnologias, atuam de forma a influenciar o próprio mercado e o desempenho da tecnologia em questão como profecias autorrealizáveis. O segundo princípio atua de forma semelhante, porém a fonte da confiança seria de ordem menos científica. Baseada no potencial revolucionário da tecnologia, muitas vezes vinculado diretamente ao carisma do líder da empresa, esta confiança seria fruto de uma percepção otimista sobre o papel de determinada tecnologia na transição para um novo paradigma tecnológico. Este é o caso da Tesla, por exemplo, que apesar dos resultados negativos e um volume de venda muitas vezes menor, superou o valor de mercado de montadoras tradicionais como a GM e a Ford.

Nestes termos, a confiança no potencial crescimento de determinada tecnologia, baseada em dispositivos de mercados ou no carisma de líderes empresariais, pode atuar como mecanismo de indução à inovação, ao atrair investimentos e recursos para os atores envolvidos na rede de inovação. Além disso, a confiança no crescimento contribui também para a adesão de novos entrantes, no estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento de novos conhecimentos, na construção da legitimidade da tecnologia e na produção de políticas públicas que favoreçam o desenvolvimento da tecnologia.

3.2.2. Mecanismos de bloqueio

Embora a ideia de mecanismos de bloqueio possa suscitar alguma aproximação com as teses relativas às falhas de mercado, isto é, com a concepção mais ou menos idealista de que, em determinadas situações excepcionais, o mercado não seja suficiente para dar

origem a novas tecnologias, na verdade, o pressuposto aqui é diverso. Tendo em vista o caráter contingente do processo e o aspecto sistêmico da introdução de novidades tecnológicas em um contexto já estabelecido, assume-se que, por melhor que sejam suas características técnicas e econômicas, provavelmente a inovação enfrentará dificuldades e resistências em sua implementação.

Trata-se de uma compreensão ativa do processo, em que a simples correção de falhas relativas a um modelo ideal não é suficiente para a apreensão das dinâmicas envolvidas, pois, conforme visto, a inovação depende também de dinâmicas de agenciamento, complementariedade e articulação no interior das redes de inovação. Neste sentido, convém observar a natureza destas dificuldades e como elas obstaculizam a ação dos atores vinculados às coalizações de apoio à tecnologia.

Amplamente discutido na bibliografia especializada, o primeiro mecanismo de bloqueio a ser ressaltado refere-se ao grau de incerteza relacionado à atividade inovativa. Por tratar-se da introdução de novidades e da alteração de contextos estabelecidos, a inovação envolve sempre a realização de escolhas operadas em condições de profunda incerteza, pouco apropriadas ao cálculo probabilístico e maximizante dos atores atomizados. Não por acaso, muitas empresas, universidades e institutos de pesquisa, organizam-se em redes de cooperação como forma de atenuar incertezas econômicas (POWELL; GRODAL, 2006). Isso ocorre porque redes são estruturas de coordenação que, além de facilitarem a aprendizagem interativa, tendem a produzir relações de confiança e colaboração que fortalecem a iniciativa e ampliam suas chances de sucesso.

Apesar desses esforços, existem fatores referentes à relação entre as redes e os mercados que podem ampliar o grau de incerteza a ponto de operarem como mecanismos de bloqueio à inovação. O forte acúmulo de vantagens históricas e externalidades positivas de uma tecnologia concorrente em um mercado pode elevar o grau de incerteza, desestimulando a entrada de novos atores na rede. Um conjunto de leis e normas desfavorável, não alinhado a tecnologia, ou até mesmo um direcionamento claro para investimentos em uma tecnologia alternativa, são fatores que podem gerar grandes incertezas em relação a investimentos e pesquisas futuras, bloqueando desdobramentos importantes para a inovação.

De forma indireta, percebe-se novamente que políticas governamentais também podem atuar no sentido de produzir mecanismos de bloqueio à inovação. Uma vez que se

trata de tecnologias em disputa, o alinhamento de políticas com a tecnologia consolidada, através de regulamentações, políticas fiscais e investimentos diretos, tende a produzir um bloqueio ao desenvolvimento de inovações desafiantes, principalmente nos momentos iniciais do processo de implementação, quando são mais evidentes as desvantagens em relação à tecnologia estabelecida e a rede de inovação se encontra pouco articulada.

Este tipo de bloqueio vincula-se à ausência de legitimidade da tecnologia, isto é, à ausência de um entendimento compartilhado, mais ou menos difuso, sobre a validade e a utilidade da tecnologia em questão. Mais especificamente, para uma inovação se estabelecer e dar origem a um processo de mudança tecnológica é necessário que ela seja aceita e compreendida como importante e confiável por um número considerável de atores. Como afirma Rao (2004), uma nova indústria ou tecnologia só se torna compreensível quando é justificada e explicada com base em modelos culturais predominantes e quando estas explicações ressoam na realidade cotidiana (costumes e hábitos) experimentada pelos usuários. Nestes termos, a legitimidade da tecnologia depende da probabilidade de que, em determinada ordem social, não ocorram reprovações e questionamentos relativos ao valor desta tecnologia.

Desse modo, a ausência de legitimidade pode implicar em diversas dificuldades para o estabelecimento da inovação, porque sem esta aceitação e compreensão, fontes de recursos podem tornar-se escassas, fornecedores e usuários podem não compreender a relevância da tecnologia e haver necessidade de convencê-los, pode ficar difícil recrutar empregados e, em muitas instâncias, devem ser enfrentadas regulações formais hostis à tecnologia (ZIMMERMAN; ZEITZ, 2002). Em alguns casos extremos, a ausência de legitimidade pode gerar situações de contestabilidade social acentuada, o que implica num questionamento sistêmico e organizado da tecnologia, além de uma generalização e autonomização das críticas que levam à produção de um estigma, como ocorreu nos casos da energia nuclear em diversos países, ou de organismos geneticamente modificados na Europa Ocidental (HOMMEL; GODARD, 2005).

Em função dessa relevância da legitimidade, autores neoinstitucionalistas (DIMAGGIO, 1988) ressaltam, no processo de nascimento de novas indústrias, o papel dos ativistas institucionais que atuam como empreendedores ideológicos destas indústrias, assegurando sua legitimidade, assumindo riscos ao aderir à novidade tecnológica e promovendo sua utilidade e viabilidade através de lobbys privados e demonstrações públicas

de funcionamento (RAO, 2004). O próprio Rao demonstra isso ao analisar o papel dos concursos de confiabilidade, organizados, em 1885, por clubes de automóveis norte-americanos que atuaram na legitimação do automóvel como uma tecnologia confiável.

Conforme será visto no Capítulo 4, o automóvel era, nesse contexto, uma novidade pouco conhecida e confiável. Sua bem-sucedida implementação dependeu, entre outros fatores, da atuação desses ativistas institucionais e de eventos de demonstração, cujo objetivo era tornar visível a nova e desconhecida tecnologia para consumidores, investidores e gestores públicos. Este tipo de dinâmica ressalta, mais uma vez, o aspecto político-cultural do processo de inovação e o papel da articulação dos interesses e competências na rede, pois a construção da legitimidade não ocorre de forma automática, a partir das qualidades técnicas intrínsecas da tecnologia, mas depende da organização e da atuação de atores interessados e engajados em sua implementação.

Disso depreende-se outro mecanismo de bloqueio à inovação, a baixa conectividade entre os atores da rede. Considerando a construção da legitimidade da tecnologia como um processo político de disputa e negociação de interesses, a questão da conectividade entre os atores da rede e a força de suas coalizões torna-se um elemento fundamental para a compreensão da inovação. Coalizações fracamente articuladas dificilmente conseguem ampliar a legitimidade da tecnologia e promover as mudanças institucionais necessárias para estimular a formação de um mercado (JOHNSON; JACOBSSON, 2001). Além disso, uma articulação muito precária torna a rede instável, sujeita a pressões e variações externas, enfraquecendo, assim, laços de confiança e colaboração importantes para o aprendizado interativo e para a atração de recursos.

Soma-se à baixa conectividade, outro mecanismo de bloqueio, o comportamento ambíguo das empresas estabelecidas. Relacionado também à ausência de legitimidade, este tipo de comportamento faz com que empresas consolidadas no mercado, como fornecedores, investidores, institutos de pesquisa e consumidores, tenham uma postura ambígua em relação à inovação. Dito de outro modo, as empresas se posicionam de forma estratégica em relação à novidade em questão, investindo parcialmente como uma maneira de entrar em contato com a inovação e garantir um nicho de mercado, porém sem comprometer o planejamento relacionado à tecnologia estabelecida.

Esse tipo de comportamento ambíguo pode ser visto como uma forma de as empresas atenderem a demandas e pressões por mudança tecnológicas, sem se

comprometerem integralmente com elas. Em geral, isso ocorre em função da necessidade das empresas de recuperar investimentos já imobilizados, ou da ausência de confiança e legitimidade da tecnologia, que tende a operar como um bloqueio ao fornecimento de recursos e aos investimentos em pesquisa nesta área. Porém, a baixa complexidade de interesses da rede também é um fator relevante nestes casos, pois implica em pouca dissonância entre os atores e contribui para um comportamento conservador em relação à mudança tecnológica. Ademais, este comportamento fortalece outros mecanismos de bloqueio, como a ampliação do grau de incerteza relacionado à transição tecnológica e a baixa conectividade de atores que hesitam em ligar-se a parceiros que apresentam comportamentos ambíguos.

Cabe ressaltar, como forma de exemplo, que até recentemente esse comportamento era comum no caso dos automóveis elétricos, pois diversas montadoras anunciaram um modelo elétrico como uma forma de atender nichos de mercado específicos, sem contudo, investir numa transição efetiva em direção à eletrificação. Em 2014, o presidente da Fiat, Sergio Marchionne, chegou a declarar numa conferência em Washington, que as vendas do Fiat 500e não eram interessantes para a companhia²⁰. O mesmo pode ser dito sobre as empresas suecas em relação às tecnologias de energias renováveis no fim do século passado (JOHNSON; JACOBSSON, 2001).

Um último mecanismo de bloqueio a ser considerado é a falta de visão governamental de longo prazo, que tende a modificar as formas de regulação dos mercados de forma discricionária, conforme alteram-se os gestores. Processos de mudança tecnológica envolvem, geralmente, longos períodos de transição. Desde o desenvolvimento do aparato tecnológico até sua aceitação e difusão, são necessários anos de aprendizado e adequação. Quando a inovação em questão precisa concorrer com uma tecnologia fortemente estabelecida, com diversas vantagens históricas cristalizadas, este tempo de transição tende a ser ainda maior.

Por isso, para serem efetivas as políticas de inovação, como formação de mercados, subsídios fiscais e investimentos diretos, devem ser enquadradas no interior de uma visão de longo prazo. Políticas de curto prazo e políticas de governo, que duram o prazo de uma gestão ou menos, não levam em consideração a inércia e a contingência do processo em

²⁰ Conforme: <https://carroeletrico.com.br/blog/carro-eletrico-fiat/>. Acessado em 21/04/2019.

todos os seus momentos. É preciso uma política clara e continuada para inspirar confiança nos investidores, nos empresários e no público em geral. A construção da legitimidade necessária para fortalecer a rede e tornar autônomas e autossustentadas suas dinâmicas de interação, depende de um período de maturação para sua efetivação. Do contrário não há tempo hábil para que os atores se acomodem na rede, de forma a articular suas competências e interesses, e para que os retornos de mercado se consolidem e se traduzam em vantagens e externalidades para a inovação.

Assim como os outros mecanismos descritos, sejam eles de bloqueio ou de indução, a visão governamental de curto prazo aponta para dinâmicas de interdependência entre os atores da rede e suas conexões com a tecnologia como algo fundamental para a compreensão do processo de inovação ao longo do tempo. Mas aponta, principalmente, para a interdependência relativa a outras tecnologias e outros atores em um contexto social mais amplo em que ocorrem as disputas tecnológicas e políticas pelos entendimentos compartilhados, pelas políticas públicas e pela legitimidade da tecnologia. Logo, a forma como este contexto é descrito e compreendido torna-se também essencial para a compreensão da inovação.

Em síntese, um modelo de análise que pressupõe os mercados concretos, socialmente instituídos e regulados, como contextos em que os atores sociais coordenam suas ações, cooperam e disputam por oportunidades econômicas. Nessa dinâmica de disputa e cooperação são produzidos e identificados problemas, como no caso do mercado automotivo (Capítulo 4), cuja introdução de novidades busca responder. Por sua vez, esse processo de inovação econômica depende de redes complexas de atores sociais envolvidos com a iniciativa e da forma como esses articulam suas competências e interesses face à ordem estabelecida no mercado. Essa relação entre a ordem estabelecida e as redes é intermediada por mecanismos que tendem a impulsionar ou bloquear a inovação, conforme a configuração da primeira e as dinâmicas de articulação da segunda. Nesse sentido, o processo de produção social da inovação depende da capacidade de articulação da rede para valer-se de mecanismos de incentivo à inovação e superar mecanismos de bloqueio, a fim de alterar ordem estabelecida e inovar.

4. A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO AUTOMÓVEL ELÉTRICO

No ano de 2017, mais de um milhão de automóveis elétricos foram vendidos, fazendo o estoque global superar a marca de três milhões de veículos. Isso pode parecer um número modesto face aos 97,3 milhões de veículos produzidos naquele mesmo ano, mas projeções apontam para um estoque global de mais 230 milhões de veículos elétricos até 2030 (OECD/IEA, 2018). Para além das possíveis controvérsias e imprecisões envolvidas nessas projeções, parece claro que desponta no horizonte uma nova disputa tecnológica, envolvendo os veículos elétricos.

Contudo, essa não foi a primeira vez que projeções desse tipo foram feitas (COWAN; HULTÉN, 1996) e muito menos a primeira disputa entre automóveis movidos por diferentes formas de propulsão. Segundo relatos históricos, antes da consolidação do automóvel a combustão interna, em meados do século XX, houve um período em que automóveis movidos a gasolina, a vapor e a energia elétrica dividiam as vendas e disputavam espaço no incipiente mercado de automóveis, principalmente nos Estados Unidos e na Europa Ocidental. Logo, trata-se de uma disputa tecnológica que se estende ao longo de vários anos e remonta às próprias origens do automóvel automotor individual.

O presente capítulo tem por objetivo expor aspectos dessa disputa, a fim de fornecer uma base histórica, a partir da qual se torne possível o exame dos valores e normas em que se desenvolveram as redes de automóvel elétrico em diferentes contextos espaço-temporais para, dessa forma, subsidiar a análise do momento atual da disputa e as questões em jogo.

Para tanto, são descritos, com base na bibliografia especializada, quatro momentos importantes dessa disputa secular: A primeira fase descreve a era formativa da indústria automotiva, entre meados do século XIX e começo do século XX, quando diversas formas de propulsão estavam sendo desenvolvidas e utilizadas e não havia o domínio de nenhuma tecnologia sobre as outras. A segunda fase, marcada pela consolidação e expansão do automóvel a gasolina como principal meio de locomoção privada, nos grandes centros urbanos, foi da segunda década do século XX até a década de 1970 e as primeiras crises do petróleo. As referidas crises vão servir de marco para o início da terceira fase e como estopim para os primeiros questionamentos em relação ao automóvel a gasolina, além de estimular diversos programas de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias alternativas de

propulsão. Apesar disso, essa terceira fase foi marcada pela crescente internacionalização e expansão massiva do mercado de automóveis a gasolina e pelo conseqüente agravamento de problemas vinculados a essa expansão. A última fase dessa história corresponde ao momento atual da disputa, em que o automóvel elétrico se apresenta, novamente, como forma alternativa de deslocamento, porém, desta vez, em meio à economia verde e acompanhado por uma série de políticas públicas e incentivos a sua implementação.

4.1. ORIGENS E CONTROVÉRSIAS

A mobilidade é um dos principais elementos utilizados para descrever e caracterizar a modernidade. Pode ser entendida pela possibilidade de deslocamento espacial, social, cultural e econômico, e se tornou possível graças ao desenvolvimento de novas tecnologias e invenções modernas, das quais, o automóvel a combustão interna é considerada uma das maiores e bem-sucedidas expressões. Desde seus primórdios, o automóvel, isto é, aquilo que se move por si próprio, tende a ser associado não só à mobilidade, mas à liberdade, à velocidade e ao sucesso individual. Modelos luxuosos e a constante busca pelo aperfeiçoamento tecnológico no intuito de superar limites contribuíram para a construção do automóvel como símbolo pessoal de status e distinção social. Além disso, do ponto de vista estratégico internacional, o automóvel e sua indústria foram, durante muito tempo, associados ao progresso, ao grau de desenvolvimento socioeconômico de países, como um importante indicador de modernidade.

Todo esse imaginário em torno do automóvel, muitas vezes, se confunde com o próprio motor de combustão interna, tecnologia mais conhecida e difundida para sua propulsão, fazendo com que o automóvel e o motor de combustão interna se transformem em um conceito único na mente das pessoas. Porém, antes de sua estabilização e consolidação como tecnologia dominante, o automóvel a combustão interna teve que enfrentar tecnologias alternativas de propulsão que também buscavam ampliar a mobilidade. Aliás, a história do automóvel é permeada por essas disputas, assim que o desenvolvimento de uma tecnologia permitia a geração de energia mecânica, inventores começavam a elaborar aparatos capazes de aproveitar essa energia para mover algum tipo de veículo (GUARNIERI, 2012).

Predecessor nessa corrida e, não por acaso, um dos principais expoentes da primeira revolução industrial, o motor a vapor foi uma das primeiras formas de propulsão não animal utilizadas para movimentar um veículo. Além de seu sucesso e consagração na propulsão de locomotivas sobre trilhos, o motor a vapor também foi utilizado para a motorização de carros ao longo do século XIX. Fundamental para isso foram os pioneiros experimentos e invenções do britânico Richard Trevithick (1771-1833) e seu motor a vapor de alta pressão, na primeira década de 1800, bem como os diversos desenvolvimentos vinculados à indústria ferroviária e à locomotiva a vapor. Porém, foi só no final do século XIX que o automóvel a vapor passou a ser comercializado e utilizado em grande escala, principalmente nos Estados Unidos, dando início aos primeiros movimentos para a formação de um mercado automotivo.

Contudo, o automóvel a vapor não estava sozinho nessa disputa. Após os experimentos eletromagnéticos, realizados em 1820, pelo físico dinamarquês Hans Christian Ørsted (1777-1851), não demorou muito para surgirem os primeiros motores elétricos e protótipos de carros movidos a energia elétrica. Em 1827, o sacerdote eslovaco-húngaro, Ányos Jedlik (1800-1895) construiu um modelo de carro, em pequena escala, movido por um motor elétrico que ele projetou. Nos anos subsequentes, diversos outros inventores, espalhados por países da Europa Ocidental, contribuíram com suas versões experimentais do automóvel elétrico.

Em 1835, o professor Sibrandus Stratingh (1785-1841), da Universidade de Groningen, Holanda, construiu outro protótipo de carro elétrico em escala reduzida. Os primeiros relatos de um carro elétrico em tamanho convencional não possuem uma data precisa, variam entre 1832 e 1839, e são vagamente atribuídos ao escocês Robert Anderson (GUARNIERI, 2012; CHAN, 2003). De forma paralela a esses experimentos, o motor elétrico também era testado como forma de propulsão nos trilhos. Em 1842, outro escocês chamado Robert Davidson (1804-1894) construiu a primeira locomotiva elétrica de tamanho real, batizada de “Galvani”. Foi testada na linha Edinburgh-Glasgow nesse mesmo ano e atingiu uma velocidade de 6,4 km/h, sem passageiros nem mercadorias a bordo. Esse veículo de quatro rodas era movido a baterias descartáveis, como todos os outros veículos elétricos da época (GUARNIERI, 2012).

A esta altura, nenhum desses experimentos mostrava-se adequado para utilização comercial, principalmente, porque as baterias utilizadas eram muito menos econômicas que a queima de carvão para a geração do vapor. Logo, tratava-se do desenvolvimento de

invenções. Ainda assim, pode-se afirmar que o motor elétrico estava em um estado de desenvolvimento consideravelmente mais avançado que o motor de combustão interna, uma vez que este último só daria um passo importante em 1863, com os motores desenvolvidos pelo engenheiro belga Étienne Lenoir (1822-1900).

Dois desdobramentos tecnológicos adjacentes foram historicamente importantes para tornar o automóvel elétrico mais competitivo: a invenção da primeira bateria recarregável chumbo-ácido, construída em 1859, pelo físico francês Gaston Planté (1834-1889) e aperfeiçoada pelo seu compatriota Camille Alphonse Faure (1840-1898), em 1891; e o desenvolvimento de geradores eletromecânicos, na segunda metade do século XIX que, além de possibilitarem a produção de energia elétrica de forma mais econômica, estimularam a produção de motores elétricos mais avançados, em corrente contínua.²¹ Esses avanços forneceram um grande impulso para veículos elétricos, principalmente em países como Inglaterra, França, Bélgica, Alemanha e Estados Unidos.

Em novembro de 1881, o inventor francês Gustave Trouvé (1839-1902) apresentou, na primeira Exposição Internacional de Eletricidade de Paris, um triciclo elétrico alimentado pela bateria recarregável inventada por Faure. Naquele mesmo ano, ainda na França, Charles Jeantaud (1843-1906) construiu seu primeiro veículo elétrico usando um motor Gramme e uma bateria semelhante. Em 1884, o inglês Thomas Parker, responsável por inovações como a eletrificação do metrô de Londres e os bondes aéreos em Liverpool e Birmingham, construiu um carro elétrico que era alimentado pelas baterias recarregáveis feitas por sua empresa Elwell-Parker Ltda., que havia sido montada dois anos antes. Nos Estados Unidos, William Morrison construiu, em 1891, o primeiro carro elétrico americano, capaz de transportar 6 passageiros e atingir uma velocidade de 22 km/h, usando sua bateria de chumbo (GUARNIERI, 2012; CHAN, 2003).

Poucos anos depois, vários pioneiros começaram a fabricar os primeiros carros elétricos comerciais. Grande parte deles era concebida como carruagens, porém sem cavalos, pois este era o conceito de transporte rodoviário da época e o *design* próprio do automóvel ainda estava em elaboração (Figura 4.1). Foi o início da “era de ouro” do automóvel elétrico. A burguesia crescente desses países industrializados era seduzida por

²¹ Um destes geradores é a máquina de Gramme, um dínamo capaz de gerar corrente contínua numa tensão muito superior aos dínamos da época e que, posteriormente, revelou-se reversível, isto é, capaz de movimentar-se quando ligado a uma fonte de energia contínua. O inventor belga Zénoobe Gramme é um daqueles casos que prescindiam de conhecimento científico e dedicavam-se a objetivos aplicados.

esses aparelhos movidos à eletricidade, que utilizavam a alta tecnologia dominante da época e eram capazes de atingir velocidades maiores do que cavalos e, até mesmo, superiores à locomotiva a vapor. Além disso, essa época também foi marcada por uma série de competições entre os primeiros produtores de automóveis, que promoveram grandes melhorias técnicas nos veículos (GUARNIERI, 2012).

Figura 4.1 – Automóvel elétrico construído por Thomas Parker, foto de 1895.



Fonte: Wikimedia Commons.

Essas competições eram realizadas, sobretudo, na França, onde diversos recordes oficiais de velocidade passaram a ser registrados. Em dezembro de 1898, o automóvel elétrico batizado de Jeantaud Duc, estabeleceu o primeiro recorde oficial de velocidade em terra, ao atingir a marca de 68 km/h. Porém, um dos feitos mais famosos de um automóvel elétrico foi realizado pelo poético “La Jamais Contente”, primeiro veículo a ultrapassar a barreira de 100 km/h. Era um carro elétrico, de corrida, em forma de projétil, conduzido pelo belga Camille Jenatzy (1868-1913) o qual, em 29 de abril de 1899, atingiu a velocidade de a 105,88 km/h. Competições desse tipo ilustram as articulações existentes na época, de atores interessados no processo de inovação e dispostos a assumir riscos ao aderir a novidade tecnológica e promover sua utilidade e viabilidade através de *lobbies* privados e demonstrações públicas de funcionamento (RAO, 2004).

Outro aspecto relevante desse tipo de concurso é o fato de a disputa tecnológica entre formas de motorização de automóveis autopropulsados individuais estar em aberto naquela época. De fato, considerando o número de veículos motorizados produzidos nos Estados Unidos, por exemplo, a partir de dados do censo do ano de 1900 (SANBORN, 1902), percebe-se uma distribuição relativamente similar no número de motores produzidos por tipo: 1.691 automóveis movidos a vapor (40%), 1.575 elétricos (38%) e apenas 936 movidos a hidrocarbonetos (22%).

Esses números apontam para a ausência de uma tecnologia dominante no mercado de automóveis. Com efeito, as três tecnologias tinham diferentes vantagens e desvantagens e todas estavam em um momento inicial de desenvolvimento. O motor a vapor, considerado o mais bem estabelecido entre os três, potente, rápido e confiável; sofria apenas com o longo período de espera antes da partida (25 a 45 minutos) para aquecimento do sistema. O curto alcance devido à necessidade de reabastecimento de água e a exigência de operadores relativamente qualificados também era uma desvantagem a ser levada em consideração. Já os automóveis a gasolina eram barulhentos, mal cheirosos, pouco confiáveis, inconstantes, muito vibrantes, tinham mudanças de marcha difíceis de operar, além de ser extremamente difícil e perigoso dar a partida à manivela. Por seu turno, os carros elétricos eram silenciosos, inodoros, confiáveis, simples de dirigir e fáceis de operar, porém, eram mais caros que os demais e possuíam uma baixa autonomia, entre 30 a 60 km na época (GUARNIERI, 2012).

Portanto, na virada para o século XX, no país que daria a luz à “indústria das indústrias”²², não havia uma definição clara sobre qual seria a forma de propulsão dos automóveis individuais, muito menos sobre a estrutura econômica que seria responsável por sua produção, distribuição e consumo. Ademais, caso um observador distante analisasse o estado das coisas nesse mesmo ano de 1900, provavelmente apostaria na consolidação futura dos automóveis elétricos. Além da crescente estrutura industrial e tecnológica que sustentava a produção dos automóveis elétricos – cujos produtores tinham acesso aos mesmos componentes comercialmente disponíveis aos bondes elétricos, pois usavam idênticos motores, controladores, interruptores e baterias, embora em tamanho menor – havia a perspectiva de resolução do problema da baixa autonomia das baterias, através da

²² Peter Drucker (1946, p. 149) chamou a indústria automotiva de “a indústria das indústrias” ao considerar sua escala de produção, a participação no emprego industrial total, a participação no PIB e as exportações, bem como suas inúmeras ligações para a jusante e a montante com outros setores da economia.

introdução do serviço de bateria substituível (COWAN; HULTÉN, 1996). Isto é, além de uma posição vantajosa no mercado, com acesso a fornecedores estabelecidos, havia uma crença no potencial de crescimento do mercado de elétricos.

Para reforçar essa aposta, cabe registrar que em fevereiro de 1900, a Electric Vehicle Company, que já possuía uma pequena frota de táxis elétricos na cidade de Nova York, encomendou 200 automóveis elétricos e, no mês seguinte, anunciou a introdução de táxis elétricos em escala maciça. Soma-se a isso, o litígio histórico em torno da suposta patente do automóvel com motor de combustão interna, registrada pelo advogado e inventor George Selden²³, que depois foi comprada pela mesma Electric Vehicle Company a fim de constranger os principais produtores de automóveis a gasolina.

Nesse momento particular da história, o automóvel elétrico parecia levar vantagem sobre os concorrentes, apesar da ausência de um claro domínio tecnológico. Muito mais silencioso, prático e luxuoso, era a principal escolha das famílias americanas abastadas para circular nas cidades em expansão. Além disso, a eletricidade despontava como uma das vanguardas da tecnologia com seus avanços e inventos. Grandes e importantes empreendimentos, como o sistema de iluminação e o sistema de distribuição de energia elétrica de Thomas Edison, contribuíam fortemente para essa perspectiva. Dessa forma, percebe-se, além da posição relativamente favorável no mercado em formação, a existência de mecanismos que tenderiam a impulsionar o automóvel elétrico nessa disputa: a entrada de novas empresas vinculadas à tecnologia, a existência de usuários e legitimidade suficiente para estimular a confiança no potencial de crescimento. Todavia, os desdobramentos das próximas décadas não só vão contradizer essas previsões, como também servirão para formular as bases do amplo domínio tecnológico do automóvel a gasolina no século XX.

4.2. CONSOLIDAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DO AUTOMÓVEL A GASOLINA

Há variadas formas de interpretar o ocaso do automóvel elétrico no início do século XX. Muitas delas, porém, seguem uma lógica centrada na superioridade técnica do automóvel a gasolina frente aos seus concorrentes. Em geral, essas narrativas propõem uma visão simplista e linear do processo, como se as propriedades superiores do automóvel a

²³ George Selden (1846-1922) registrou, em 1895, a patente do automóvel movido a motor de combustão interna no EUA, apesar de nunca ter construído um modelo operante de automóvel.

gasolina garantissem sua difusão natural entre consumidores e usuários, devido ao seu elevado grau de eficiência, potência, desempenho, ou outro critério técnico.

No entanto, uma perspectiva mais adequada da situação deveria levar em consideração os demais fatores sociais e econômicos envolvidos no processo, assim como sua dinâmica retroativa e contingente, perpassada por interesses, valores, estratégias e contextos socioeconômicos. No caso do automóvel elétrico, tal perspectiva aponta, não apenas para uma maior complexidade e contingência no processo, mas para a relevância de outras dimensões, como a dimensão estrutural da produção e sua interdependência entre diferentes componentes, ou a dimensão social e o papel de determinados grupos na interpretação e dotação de sentidos ao automóvel.

Conforme relatado, a parcela de automóveis a gasolina produzida nos EUA, em 1900, correspondia apenas a 22% do total; em menos de 10 anos, esse índice saltou para 95,1%, conforme o censo de 1909. Segundo Volti (1990), em 1917, dos aproximadamente 3,5 milhões de automóveis registrados nos Estados Unidos, menos de 50.000 eram elétricos. Esses números revelam a expansão massiva dos automóveis a gasolina, o gradual desaparecimento dos automóveis a vapor e o uso cada vez mais restrito e específico dos elétricos. O mesmo movimento foi observado nos demais países industrializados da Europa Ocidental, onde o automóvel elétrico sobreviveu em funções específicas, como a entrega de leite e o deslocamento em campos de golfe.

Ainda que para uma leitura distante, a maior autonomia dos automóveis a gasolina pareça se impor como principal causa técnica do sucesso do motor de combustão interna, é preciso compreender que a construção desse predomínio só foi possível graças a uma série de fatores inter-relacionados. Isso se torna mais claro no contexto dos Estados Unidos, berço de grandes transformações industriais, como o fordismo, e onde existe um grande número de relatos sobre essa passagem.

O mais estrutural e basilar dos fatores citados pelos comentaristas é o processo de expansão da malha rodoviária dos EUA, no princípio do século XX. Na época, a maioria dos automóveis era utilizada nas vias urbanas que começavam a ser pavimentadas. As rodovias intermunicipais e interestaduais não possuíam as condições adequadas para o trânsito daqueles veículos com dimensões de carruagens e motores extremamente pesados. A expansão da rede rodoviária e sua pavimentação possibilitou a conexão entre as cidades americanas e estimulou a realização de viagens mais longas de automóvel. Com isso, a baixa

autonomia das baterias elétricas tornou-se um gargalo, um fator relevante na compra de um automóvel, isto é, o entendimento compartilhado sobre o um bom automóvel passou a considerar a possibilidade de percorrer essas grandes distâncias.

Soma-se a isso, o fato de que a infraestrutura de recarga de baterias teve que concorrer com a violenta expansão do setor petrolífero após a descoberta de grandes reservas de petróleo no Texas, Oklahoma e Califórnia, provocando uma importante queda dos preços da gasolina e a difusão de postos de abastecimento por quase todo o país (CHAN, 2003). Sob este aspecto, o automóvel a gasolina apresentava-se como o consumidor ideal, sem intermediários, de uma fonte energética aparentemente abundante. Logo, percebe-se uma intrincada conexão entre diferentes setores econômicos que teriam contribuído para transformar o automóvel a gasolina em uma tecnologia mais desejável, operacional e economicamente vantajosa.

Para além desta interconexão, há outro fator jurídico-legal que teria contribuído para o deslanche do automóvel a gasolina. Após a vitória inicial, em 1903, de George Selden e da Electric Vehicle Company, na disputa jurídica em torno da patente do automóvel a gasolina, Henry Ford e outros fabricantes de automóveis apelaram da decisão e obtiveram, 8 anos depois, uma importante vitória na corte. Uma vez que a patente de Selden baseava-se em supostas melhorias que ele havia realizado no motor de ciclo Brayton, Ford e os outros produtores venceram a disputa com o argumento de que seus automóveis eram produzidos utilizando o motor de ciclo Otto²⁴. A esta altura, a Electric Vehicle Company já havia declarado falência devido a sua expansão desordenada e a problemas no sistema de substituição de baterias, manchando a imagem dos automóveis elétricos nos EUA (SCHIFFER, 1994).

Percebe-se, aqui, um dos mais famosos casos de disputa entre grupos interesses organizados, buscando influenciar o conteúdo das formas de regulação do mercado automotivo em favor dos seus interesses. Neste caso, a Electric Vehicle Company e Associação de Fabricantes de Automóveis Licenciados comportavam-se como estabelecidos, pois possuíam importantes vantagens consolidadas e detinham os direitos de produção sobre os automóveis a gasolina, já Ford e seus aliados atuaram como os novos entrantes no mercado, desafiando o controle monopolista de gigantes corporativos. Com o fim do

²⁴ Brayton e Otto são diferentes ciclos termodinâmicos, base do funcionamento de motores de calor que operam a maioria dos veículos do mundo.

propalado litígio a favor da Ford Motors Co., o caminho estava relativamente livre para o desenvolvimento do fordismo e para a produção em massa dos automóveis a gasolina, também considerada um fator fundamental para a popularização dos automóveis a gasolina.

Segundo Freeman e Soete (2008), o bem-sucedido modelo organizacional de produção em massa, implementada por Ford no começo do século XX, teria reduzido, dramaticamente, os custos de montagem e os preços do Ford Model T, fazendo com que o automóvel a gasolina ocupasse uma fatia cada vez maior do mercado de automóveis. Esta revolucionária transformação na maneira de produzir automóveis, em que o custo unitário decresce, consideravelmente, conforme aumenta o volume de produção, não foi apenas decisiva para o futuro da indústria automotiva, mas transformou todo o estilo de pensamento e organização administrativa da época, fornecendo condições para a emergência de um novo paradigma de produção, trabalho, consumo e, conseqüentemente, novas formas de organização da sociedade.

Por mais bem documentada e discutida que seja essa transformação, suas conseqüências para a disputa tecnológica em questão e para a consolidação do mercado automotivo são muito importantes para serem desconsideradas. Em especial, o fato da precursora transição da produção artesanal para a produção em massa ter ocorrido, justamente, num modelo de automóvel movido a gasolina, é algo essencial para o prevailecimento desta tecnologia. Não apenas pela redução dos custos possibilitada pela implementação de peças intercambiáveis e pela introdução das famosas linhas de montagens, mas pelo estabelecimento em massa de todo um sistema tecnológico de fornecedores, produtores, consumidores, concessionárias, redes de manutenção e abastecimento que tornaram toda tecnologia alternativa algo extremamente custoso de ser implementado e mantido.

Logo, a produção em massa do automóvel a gasolina foi fundamental, tanto para o seu sucesso frente às tecnologias concorrentes, como para o seu aprisionamento (*lock-in*). Isto é, a adesão massiva proporcionada pelo fordismo possibilitou um ciclo de retroalimentação positiva, no qual, à medida que aumentavam as vendas do automóvel a gasolina, as redes de concessionárias de carros, postos de gasolina e mecânicos de automóveis também cresciam e ficavam mais interligadas e robustas, tornando-se estáveis e extensas e fornecendo uma importante fonte das externalidades para o sistema. Em outras palavras, conforme a tecnologia se consolidava e expandia o mercado em formação atuava

como um mecanismo de indução, produzindo retornos que contribuía para o desenvolvimento e domínio do automóvel a gasolina. Cowan e Hultén (1996) enumeram as três principais formas de externalidades geradas a partir dessa interdependência: uma rede de soluções e conhecimentos compartilhados sobre a tecnologia; economias de escala pela demanda dos mesmos insumos (peças de reposição, ferramentas); e uma infraestrutura de uso compartilhada.

Por outro lado, a estratégia adotada pelos fabricantes de automóveis elétricos foi diametralmente oposta. Enquanto Ford revolucionava a produção em massa com suas linhas de montagem, altos salários e preços baixos, os produtores de elétricos apostavam na formação de nichos de mercado e automóveis luxuosos feitos sob medida. Isso fazia os carros elétricos ideais para os clientes ricos das cidades que podiam pagar por automóveis elétricos de luxo, mais que o dobro do custo dos carros a gasolina. Em 1912, quando os automóveis elétricos atingiram o pico de produção, eles custavam de US \$ 1.750 a 3.000, contra os US \$ 650 do modelo Ford T. Segundo Guarnieri (2012), o próprio Henry Ford (1863-1947) teria comprado para si e seus parentes, três carros luxuosos da Detroit Electric. John Davison Rockefeller (1839-1937), o importante magnata da indústria petrolífera, também teria comprado um desses para sua esposa.

Todavia, se durante algum tempo os elétricos foram associados ao luxo e às mulheres por serem veículos mais seguros e de fácil operação – o que por si só aponta para uma estabilização do sentido atribuído à tecnologia com base em valores sociais – com a massificação da produção dos automóveis a gasolina, os elétricos se tornaram cada vez mais restritos a esses nichos, pois, um dos feitos do fordismo foi romper com a lógica artesanal de produção e consumo de automóveis. Isto é, o dono de um automóvel não precisava mais ser um entusiasta tecnológico com seu artefato engenhoso, ou alguém que tivesse um mecânico particular a sua disposição, mas sim tratava-se de um consumidor médio qualquer. Esse feito foi realizado graças ao projeto do seu Ford T “carro com facilidade sem precedentes de operação e manutenção” (WOMACK et al., 1992, p. 18). Nestes termos, pode-se afirmar que o fordismo não revolucionou apenas a produção de automóveis, mas o próprio entendimento compartilhado sobre o automóvel, as expectativas sobre o seu consumo e utilização.

Outro fator que contribuiu para tornar os automóveis a gasolina mais confortáveis e fáceis de operar, sendo fundamental para sua consagração, foi a introdução da partida

elétrica. Não por acaso introduzida, inicialmente, em 1912, num luxuoso modelo da Cadillac (VOLTI, 1990), a partida elétrica foi responsável por eliminar o perigoso sistema de arranque a manivela. Isso não apenas garantiu que qualquer pessoa, independentemente da força ou condição física, pudesse facilmente dar a partida em um motor de combustão interna, mas também alterou, radicalmente, a trajetória do setor elétrico e a produção de baterias.

De acordo com Cowan e Hultén (1996), essa mudança produziu um desvio na estratégia dos fabricantes de baterias, que deixaram de investir na expansão da capacidade das baterias - algo que poderia aumentar a autonomia dos automóveis elétricos - e passaram a focar em novas técnicas para a produção, em larga escala, de baterias com capacidade relativamente baixa para as partidas elétricas. Aqui, percebe-se uma importante mudança na articulação das empresas, os fabricantes de baterias, até então ligados à produção de veículos elétricos, passaram a atuar na rede do automóvel a gasolina, produzindo novos conhecimentos e fornecendo recursos para a rede. Com isso, a aparente vantagem que o automóvel elétrico tinha, como base na estrutura industrial e tecnológica dos bondes elétricos, foi rapidamente revertida, alterando, assim, a trajetória das baterias elétricas a partir da interação com outra tecnologia, que acabou fortalecendo o predomínio dos automóveis a gasolina.

Todos esses fatores e interconexões demonstram o elevado grau de interdependência que existe em uma disputa tecnológica. A trajetória do automóvel elétrico parece ter dependido mais das decisões econômicas, técnicas e políticas de diversos atores contextualizados do que exclusivamente de suas características técnicas e eficiência econômica per si. No caso do automóvel a gasolina, sua vitória não representou a simples superioridade técnica de um aparato, mas a consagração de todo um modo de produzir, trabalhar, locomover-se, comercializar e consumir que, longe de se encontrar pré-definido, foi se configurando e fortalecendo ao longo dos anos seguintes. Essa consagração foi devida à articulação de diversos atores, empreendedores míticos, inventores, fornecedores de componentes, advogados, trabalhadores e usuários, que suportaram a inovação e promoveram alterações na configuração do mercado automotivo em formação.

Isso significa que, tanto a mobilidade pessoal a baixo custo, quanto a produção em massa do automóvel a gasolina, influenciaram fortemente a forma de organização da sociedade norte-americana, visto que o local onde as pessoas viviam, a forma como elas se deslocavam e como elas utilizavam seu tempo livre, foram diretamente afetados por essa

tecnologia e, conseqüentemente, também a afetaram. O chamado “*american way of life*” pode ser expresso, entre outras coisas, pela criação de subúrbios distantes dos centros urbanos, na vida abastada repleta de bens de consumo duráveis e no carro da família de classe média como principal forma de deslocamento e lazer.

Este papel central que o automóvel ocupa na cultura norte-americana, como um elemento essencial e estruturante da dinâmica cotidiana, como símbolo de status e de sucesso individual, mas também como algo associado à juventude e à liberdade, corresponde ao que Sperling e Gordon (2009) chamam de cultura do carro, ou “carrocentrismo” (aqui, carro deve ser entendido como sinônimo de automóvel individual a gasolina). Logo, percebe-se que o sucesso do automóvel com motor de combustão interna também está ligado a sua capacidade de corresponder a este entendimento compartilhado sobre mobilidade individual, supostamente capaz de conceder uma liberdade sem precedentes, flexibilidade, conveniência e conforto para os deslocamentos pessoais diários.

Com a expansão e a difusão da produção em massa para outros países, a indústria automobilística tornou-se uma das maiores indústrias dos países economicamente desenvolvidos. Após a Segunda Guerra Mundial, grande parte das fábricas de automóveis europeias utilizava as técnicas de produção em massa de Henry Ford e, no final da década de 1950, a Volkswagen (VW), a Renault e a Fiat já produziam automóveis a gasolina numa escala comparável às grandes instalações da Ford ou da General Motors (WOMACK et al., 1992). Cabe ressaltar que os fabricantes europeus não se limitaram a utilizar as técnicas produtivas e organizacionais americanas, mas desenvolveram importantes inovações, como o freio a disco, a tração dianteira e a injeção de gasolina, além de conceber modelos de automóveis mais compactos e econômicos, como o “Fusca” da VW. Na década de 1960, a produção de automóveis da Europa Ocidental ultrapassou a produção dos Estados Unidos (FREEMAN; SOETE, 2008) e, desde então, a produção e o mercado global de automóveis a gasolina vêm crescendo, atingindo um número cada vez maior de países e expandindo a frota mundial (SPERLING; GORDON, 2009).

Como nos demais países da América Latina, a disputa entre os automóveis a gasolina e os elétricos chegou ao Brasil, mais ou menos resolvida. Os primeiros automóveis dos quais se tem registro, eram importados e com motores de combustão interna. Não demorou muito para os automóveis norte-americanos começarem a ser montados em solo nacional. Na década de 1920, a Ford e a GM instalaram suas primeiras fábricas brasileiras de montagem,

na cidade de São Paulo. Os automóveis eram montados um a um e os *kits*, com quase a totalidade das peças, vinham de Detroit, encaixotados em navios (FERRO, 1992).

Apesar de alguns esforços modernizantes, como a abertura de estradas, a produção nacional de carrocerias e a fundação da Fábrica Nacional de Motores (FNM), até meados da década de 1950, o Brasil não exerceu um papel relevante na história da indústria automotiva mundial. O país, basicamente, importava veículos e realizava a montagem e a produção de poucas peças e componentes para reposição. Além disso, possuía um mercado interno relativamente pequeno e uma indústria de base (siderurgia e metalurgia) ainda incipiente (FERRO, 1992). Porém, nessa época, o automóvel e sua indústria já ocupavam um grande espaço no imaginário nacional, principalmente dos dirigentes desenvolvimentistas de então, pois eram vistos como a porta de entrada para a modernidade brasileira, o motor (a gasolina) do desenvolvimento nacional.

Com o Plano de Metas de Juscelino Kubitschek e o simbólico Decreto nº 39.412, de 1956, que criou o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA), foram estabelecidas as bases institucionais para a nacionalização da produção automobilística, acompanhadas do estreitamento do mercado às importações, através de políticas de restrições cambiais (SHAPIRO, 1997). De certa forma, isso fez com que o país intensificasse suas ligações com o capital estrangeiro, que se viu constrangido a apresentar seus planos de nacionalização da produção, caso quisesse participar do mercado interno. No entanto, uma vez que nem o Estado, nem o capital privado nacional, dispunham de recursos ou tecnologias para realizar a produção automobilística em massa, esses investimentos internacionais contaram com algumas contrapartidas para sua atração.

Além dos investimentos realizados em infraestrutura e em indústrias de bens intermediários, como petróleo, ferro, aço e energia, o governo alterou suas prioridades relativas aos transportes. Até o governo Vargas, os investimentos em transportes centravam-se no setor ferroviário, principal forma de escoamento da produção agrícola. Com o Plano de Metas de Juscelino, a prioridade passou para o sistema rodoviário e para os fabricantes de automóveis (GREMAUD et al., 2004). Com isso, parece que, ao seguir o modelo de industrialização, produção e consumo, em massa, dos países industrializados, o Brasil produziu um aprisionamento estrutural e uma dependência do automóvel a gasolina, similar ao observado nesses países, inclusive, deparando-se com consequências e problemas sob certo aspecto similares, como será visto a seguir.

4.3. O RENASCIMENTO DA DISPUTA

A chamada Era de Ouro do capitalismo, geralmente, é caracterizada pelo elevado ritmo de crescimento da economia ocidental e pela ausência de grandes flutuações econômicas nos anos seguintes ao fim da Segunda Guerra Mundial. Esse ambiente de relativa prosperidade possibilitou uma expansão do Produto Interno Bruto (PIB) per capita de diversos países europeus, baixos índices de desemprego e o aumento do mercado de bens duráveis (HOBSBAWM, 1995). Entre esses mercados em expansão, o mercado de automóveis desponta como um dos mais expressivos, tanto por sua representatividade como um elemento relevante do padrão de vida moderno, quanto pela velocidade com que esse bem de consumo durável se difundiu. Segundo Michel Beaud (2004), em 1975, os Estados Unidos já atingiam a impressionante marca de 2 habitantes por automóvel, ao passo que Grã-Bretanha (3,92 hab./automóvel), França (3,44 hab./automóvel) e Alemanha (3,46 hab./automóvel) iam pelo mesmo caminho. O Quadro 4.1 ilustra essa expansão ao longo dos anos que costumam ser atribuídos à Era de Ouro do capitalismo.

Quadro 4.1 – Número de automóveis (milhões) em circulação por países selecionados.

Ano/País	Estados Unidos	Grã-Bretanha	França	Alemanha Ocidental	Japão
1947	30,7	1,9	1,5	0,2	0,03
1957	55,7	4,2	4	2,4	0,2
1975	106,8	14,2	15,3	17,9	17,2

Fonte: Elaborado pelo autor como base em Beaud (2004).

Essa expansão, somada aos processos de urbanização vinculados à industrialização, teve uma série de implicações para a vida cotidiana nas grandes cidades. Além do consumo exponencial de petróleo, o sistema automobilístico de massa demanda uma reserva crescente de espaço para sua circulação. Uma vez que na “ideologia social do carro” (GORZ, 2010), cada família tem direito ao seu próprio automóvel para se locomover de forma discricionária, coube às administrações públicas construir estradas, rodovias, pistas extras, viadutos, pontes e estacionamentos para que os automóveis possam circular e seja evitado o congestionamento das vias. Isso levou muitas cidades grandes à criação de subúrbios,

famosos bairros residenciais afastados dos centros comerciais e, por consequência, à ampliação das distâncias.

Mas nem mesmo essa transformação urbanística foi capaz de fazer frente à crescente expansão das frotas nacionais de automóveis. Diversos grandes centros passaram a conviver com a constante congestão da circulação urbana, tornando a prometida mobilidade em algo distante da realidade das cidades, e com outro problema ainda mais grave: a poluição do ar. A concentração de milhares de motores de combustão interna, emitindo gases, constantemente, através de seus escapamentos, transformou a atmosfera das cidades em ambientes insalubres para as pessoas. O passo seguinte foi a associação dessa poluição ao crescimento de doenças respiratórias e à redução da qualidade de vida (SPERLING; GORDON, 2009).

Porém, o fator que realmente ameaçou a soberania do automóvel a gasolina, na época, foi o aumento do preço do barril de petróleo. Em 1973, no auge da chamada crise do petróleo, os países-membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) reduziram, drasticamente, a produção e embargaram as vendas de petróleo para os Estados Unidos e países europeus que declararam apoio a Israel, na Guerra do Yom Kippur. Essa estratégica política comercial contra os países ocidentais fez com que o preço do barril disparasse e subisse cerca de 400% em três meses (IPEA, 2010), além de provocar políticas de controle sobre a oferta de gasolina em muitos países embargados. Outros episódios de restrição da produção somaram-se a esse e fizeram uma constante no aumento dos preços do petróleo. Para se ter uma ideia acerca desse aumento, no início da década de 1970, o barril era vendido a um preço médio de 2,53 dólares e, em meados da década de 1980, esse valor já alcançava 41 dólares (HOBBSAWM, 1995).

O choque provocado pelo cartel de produtores levou diversos administradores a repensarem sua dependência energética em relação ao petróleo. Isso estimulou a busca por novas formas de geração de energia e por sistemas de transporte não dependentes de petróleo. Em outras palavras, a expansão contínua do mercado automotivo, somada a crise de fornecimento de sua fonte energética, desencadeou um problema que motivou a busca por alternativas tecnológicas e energéticas. No Brasil, conforme será visto no Capítulo 5, isso desembocou no Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Já em outros países, foram criados programas de pesquisa voltados para o desenvolvimento de tecnologias de

propulsão alternativas ao motor de combustão interna. Entre esses, muitos tinham como objetivo, o desenvolvimento do até então ofuscado automóvel elétrico.

Um dos programas mais ousados nesse sentido foi um projeto francês, chamado Véhicule Électrique (VEL), que tinha como meta, o desenvolvimento de um veículo elétrico por intermédio de pesquisas realizadas com células de combustível. Segundo Callon (1980), o projeto passou por uma sequência de períodos, sendo que diversos grupos sociais (ou sistemas) se encarregaram do seu desenvolvimento. O período que aqui interessa é, precisamente, o da década de 1970, quando a crise do petróleo atinge seu auge e o veículo elétrico transforma-se na prioridade do programa. Naquele período, o grupo, que deveria reunir os industriais, o governo e os potenciais consumidores no mesmo empreendimento, era encabeçado pela empresa pública de energia francesa, Eletricité de France (EDF), e seu principal objetivo era o desenvolvimento de um veículo capaz de substituir, gradualmente, o motor a combustão. Para isso, foi iniciada a criação de um grupo de organizações públicas que eram potenciais usuários de veículos elétricos, a fim de avaliar as necessidades dos usuários em potencial, o que permitiria ao programa, especificar as possibilidades da indústria em relação às solicitações dos usuários e medir a distância entre o desempenho exigido e o tecnicamente possível.

De acordo com Cowan e Hultén (1996), o programa não obteve sucesso, pois logo se tornou evidente que as exigências dos potenciais usuários eram impossíveis de se encontrar com a então existente tecnologia de baterias. Callon (1986), por outro lado, sugere que essa discrepância técnica deveu-se, em parte, a problemas de tradução que acabaram interferindo na execução, isto é, não foram concretizadas as expectativas quanto ao papel que os participantes deveriam desempenhar no processo. Não apenas as células de combustível não atenderam às expectativas dos elaboradores do programa, mas dois outros fatores interferiram no processo: a Renault não teria se limitado ao seu papel de simples montadora do veículo elétrico, nem os consumidores teriam percebido as supostas vantagens na adesão ao veículo elétrico. O que expressa, nos termos de Callon, um problema de agenciamento, mas que aqui pode ser lido como um problema de conectividade, isto é, os interesses dos principais atores da rede de inovação não foram suficientemente articulados para superar os entraves estabelecidos.

Nos Estados Unidos, após a falta de combustível que produziu as memoráveis cenas de motoristas em longas filas para abastecimento e abalou a confiança dos norte-americanos

no governo federal, também foram realizados programas governamentais voltados para o desenvolvimento de automóveis elétricos. Em 1976, o Congresso aprovou a Lei dos Veículos Elétricos e Híbridos, que destinava uma verba de 160 milhões de dólares para o lançamento de um programa federal voltado para o desenvolvimento de veículos elétricos e híbridos por intermédio da Agência de Pesquisa e Desenvolvimento Energético, ERDA na sigla em inglês (COWAN; HULTÉN, 1996). O programa, que se baseava na suposta eletrificação da economia norte-americana até o ano 2000, tinha como objetivo o desenvolvimento de baterias níquel-ferro e níquel-zinco, a fim de facilitar a produção de veículos elétricos em massa.

Para isso, a lei autorizava o secretário da ERDA a firmar acordos com outros grandes departamentos governamentais, como o Departamento de Transportes, a NASA, o Departamento de Agricultura e a Agência de Proteção Ambiental, voltados para a promoção de pesquisas sobre baterias, motores e projetos de veículos elétricos. Assim como no programa francês, os acordos visavam a explorar a viabilidade dos veículos elétricos, de forma a identificar potenciais mercados e determinar os impactos de longo prazo no planejamento de estradas, serviços públicos, projetos urbanos, impostos e instalações de manutenção (ANDERSON; ANDERSON, 2004).

O programa nunca conseguiu cumprir os seus planos ambiciosos, apesar do expressivo volume de recursos destinado aos laboratórios norte-americanos. No final dos anos 1970, voltou a cair o interesse nas pesquisas com veículos movidos a combustíveis alternativos, com o retorno do fluxo normal de petróleo e uma relativa melhoria na eficiência dos motores a combustão²⁵. Em 1978, já não havia recurso previsto para o ERDA e o Congresso debatia sobre o orçamento fiscal no intuito de adiar o projeto de demonstração previsto na elaboração da lei. Por fim, na administração do presidente Ronald Regan, o programa foi interrompido por razões orçamentárias.

Outro país que teve um programa de desenvolvimento de veículos elétricos, na época, foi o Japão. Segundo Cowan e Hultén (1996), 19 milhões de dólares foram gastos em um grande projeto nacional liderado pelo Ministério do Comércio Industrial e pela Indústria, entre 1971 e 1976. Não obstante, a concepção de duas gerações de veículos elétricos e diversos modelos construídos, o programa não conseguiu cumprir as metas de produção em larga escala planejadas pelo Conselho Japonês de Veículos Elétricos. Um fator em comum

²⁵ O consumo médio de combustível por distância percorrida passou de 14 milhas por galão, em 1974, para 22 milhas por galão em 1981 segundo Anderson e Anderson (2004).

entre esses casos é o surgimento de programas e políticas de governo alinhadas ao desenvolvimento de tecnologias alternativas, face à crise de abastecimento de petróleo, que foram interrompidas após o fim do embargo.

Apesar do aparente fracasso desses programas, será visto mais à frente que algumas montadoras desses países, como a Renault, a Tesla, a Nissan e a Toyota foram precursoras e líderes no mercado de veículos elétricos, na nova onda de eletrificação que surgiu nos anos recentes, o que sugere certa cumulatividade não linear ao processo de desenvolvimento dessa tecnologia.

Ainda na década de 1970, muitas grandes e pequenas montadoras também começaram a explorar novas opções para veículos movidos a combustíveis alternativos. A General Motors, por exemplo, desenvolveu um protótipo para um carro elétrico urbano, exibido pela empresa no Primeiro Simpósio sobre Desenvolvimento de Sistemas de Potência de Baixa Poluição em 1973. Outro automóvel elétrico bem-sucedido, naquela época, foi o CitiCar, da fabricante independente Sebring-Vanguard, que chegou a produzir mais de 2000 CitiCars, um carro compacto, em forma de cunha, que tinha uma autonomia aproximada de 65 km. A Sebring-Vanguard era a única empresa americana, na época, a produzir carros elétricos de passageiros, em uma linha de montagem (ANDERSON; ANDERSON, 2004). A popularidade do CitiCar tornou a Sebring-Vanguard a sexta maior montadora americana em 1975.

Não por acaso, diversos outros modelos de automóveis elétricos urbanos foram concebidos na época. O japonês Nissan 315X, e os italianos Fiat X1/23 e Zagato Zele (importado como Elcar para os EUA) são alguns exemplos desse novo conceito. A ideia de um carro menor, menos poluente, mais leve e eficiente ganhava força frente aos problemas trazidos pela dependência do petróleo e pelo congestionamento nas grandes cidades. Em termos de entendimentos compartilhados sobre o mercado automotivo, essa pode ser considerada uma tentativa de mudança nas expectativas sobre os automóveis, pelo menos em alguns nichos específicos do mercado.

No Brasil, o principal representante desse conceito é o Gurgel Itaipu E-150. Apresentado no IX Salão do Automóvel, ainda como protótipo, o Gurgel Itaipu era um miniautomóvel elétrico (2,65 metros de comprimento), com espaço para dois passageiros, e destinado ao uso urbano. Atenta aos problemas da época, a montadora brasileira elaborou, junto ao automóvel elétrico, um plano inicial para sua utilização. Para isso, contou com o

auxílio da prefeitura de Rio Claro (SP), cidade-sede da fábrica da Gurgel, para autorizar a criação de pontos exclusivos de estacionamento e recarga das baterias. Apesar de sua concepção urbana original, o Itaipu E-150 não chegou a ser montado em grande escala, pois a Gurgel alterou seu foco de aplicação do veículo elétrico para um utilitário médio de uso comercial, o Itaipu E-400. Essa aplicação também foi a escolha de muitos outros fabricantes de veículos elétricos como a van C-360, da empresa canadense Marathon Electric Car Company e o utilitário EV4P da Nissan.

Voltado para o uso de concessionárias estatais de serviço público (telefone, gás, eletricidade) e para a distribuição de cargas leves, o E-400 chegou a ser produzido naquela que seria a primeira fábrica de veículos elétricos comercializáveis da América do Sul. No início dos anos 1980, foram vendidas algumas centenas de unidades para empresas estatais de telefonia, como a Telebrás e a Telesp, e para empresas privadas como a Souza Cruz. Porém, a baixa autonomia das baterias tipo chumbo ácido (80 km) e o custo relativamente elevado em comparação com os concorrentes, somados à política brasileira abertamente pró-álcool, teriam contribuído para a vida curta do utilitário elétrico brasileiro²⁶. Esse ponto será retomado mais detalhadamente no Capítulo 5.

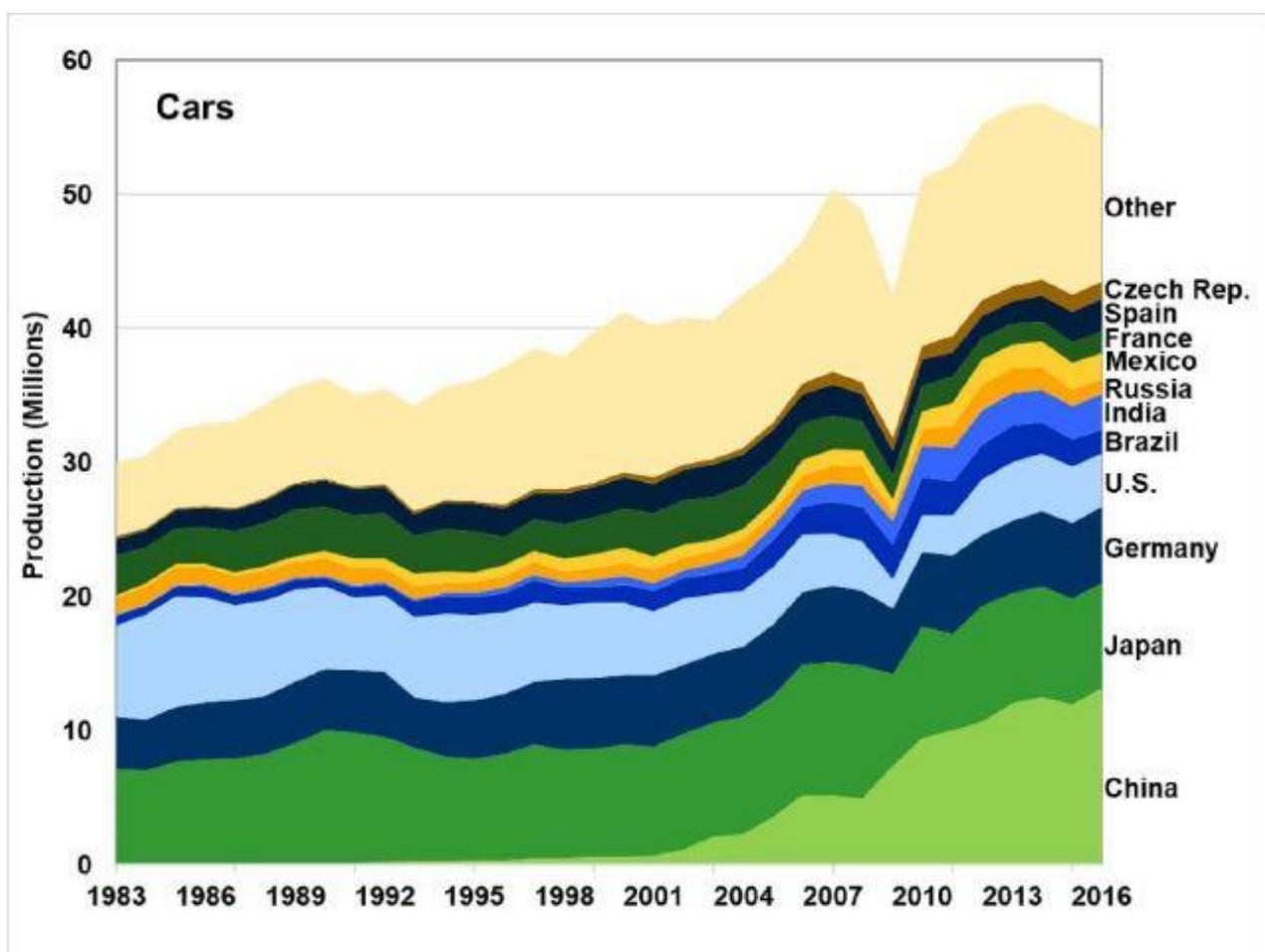
Logo, percebe-se que o ressurgimento do interesse pelo automóvel elétrico, de maneira geral, centrou-se nestes dois nichos principais: microcarros urbanos e utilitários médios. As razões dessa escolha parecem ligadas aos motivos que levaram à renovação desse interesse, o aumento no preço do petróleo e à emissão de gases poluentes nas cidades. O automóvel elétrico, de dimensões reduzidas e de material mais leve, não só representaria um aumento na eficiência energética, mas reduziria a poluição nas cidades ao ser utilizado para deslocamentos diários curtos. Da mesma forma, os utilitários elétricos seriam interessantes como uma alternativa à dependência energética do petróleo, em alguns casos de serviços prioritários, mas também na redução de emissões de veículos de manutenção ou responsáveis por entregas que fazem repetidas paradas em ambientes domiciliares. Além, é claro, de serem nichos que, teoricamente, prescindiriam de uma grande autonomia.

Mesmo nesses nichos específicos, a sobrevivência do automóvel elétrico não foi fácil. Em meados dos anos 1980, o mercado de veículos elétricos restringia-se a vans de entrega

²⁶ Conforme: <http://www.lexicarbrasil.com.br/gurgel-i/>. Acesso em 21/04/2018.

simples na Grã-Bretanha, carrinhos de golfe e alguns automóveis convertidos ou artesanais. A tecnologia utilizada nesses veículos era, essencialmente, a mesma do início do século, baseada nas baterias de chumbo-ácido (COWAN; HULTEN, 1996). Isso fez com que o desempenho dos automóveis também se mantivesse relativamente o mesmo - apesar dos programas de pesquisa estimulados pela crise do petróleo - consequentemente, as aplicações possíveis também se limitaram a situações específicas que não confrontassem os anseios do condutor típico do automóvel pessoal a gasolina.

Gráfico 4.1 – Produção mundial de automóveis, 1983 – 2016.



Fonte: *Transportation Energy Data Book* (DAVIS; WILLIAMS, 2018).

Contudo, o fim do século XX envolveu importantes impulsos para uma nova ofensiva dos veículos elétricos. Além da questão energética envolvendo a contínua expansão do mercado automotivo em diferentes frentes (Gráfico 4.1), acompanhada de um tímido

aumento na economia de combustíveis dos automóveis de combustão interna²⁷, os problemas ambientais tornaram-se mais relevantes na agenda política mundial (NOBRE; AMAZONAS, 2002). Com a crescente legitimação da questão ambiental, expressa em conferências, partidos políticos, movimentos sociais e organizações não governamentais (ALPHANDÉRY et al., 1991), a emissão de poluentes e o consumo de recursos não renováveis passaram a ser identificados como problemas a serem combatidos, isso estimulou a elaboração de leis para a regulação da relação com a natureza e dos impactos produzidos pela atividade humana, inclusive no mercado automotivo.

Uma das legislações mais famosas e precursoras, nesse sentido, foi a produzida pelo California Air Resource Board (CARB), no início dos anos 1990. O CARB é uma agência do governo do estado da Califórnia (EUA), voltada para a qualidade do ar, a qual estipulou, para os fabricantes de veículos, metas progressivas à emissão de gases, visando estimular a migração para modelos de automóveis com menor consumo de combustível e emissões mais baixas. Os primeiros programas (*Low-Emission Vehicle Program* e *Zero Emission Program*) classificavam os veículos em categorias de emissão de poluentes - baixa emissão, emissão ultrabaixa ou emissão zero - e estipulava o percentual mínimo de veículos que deveriam ser disponibilizados para venda a cada ano. Segundo essa primeira versão do programa, 2% de todos os automóveis novos vendidos no ano de 1998 deveriam ter “emissão zero”. No ano 2000, todos os automóveis novos vendidos deveriam ser “de baixa emissão”, “emissão ultrabaixa” ou “zero emissão”. E em 2003, 75% seriam de baixa emissão, 15% de emissão ultrabaixa e 10% de emissões zero (COWAN; HULTÉN, 1996; SPERLING; GORDON, 2009). A sanção prevista, caso alguma montadora descumprisse a lei, seria o cancelamento de suas operações na Califórnia.

Apesar de postergar, continuamente, o cumprimento das metas, em parte em função de ações movidas na justiça pelas montadoras contra o CARB, o programa foi importante para estimular a produção de toda uma nova geração de automóveis elétricos na Califórnia, tais como as picapes Chrysler TEVan, Ford Ranger EV, Chevrolet S10 EV, a SUV Toyota RAV4 EV, os compactos Honda EV Plus e GM EV1²⁸ e o mini furgão da Nissan Altra EV. Esses

²⁷ O relatório *Transportation Energy Data Book* mostra que, nos Estados Unidos, a economia média de combustível dos carros aumentou apenas cerca 5,7 quilômetros por litro em 46 anos, passando de 5,73 km/l em 1970 para 11,40 km/l em 2016, uma taxa anual média de 1,5% ao ano (DAVIS; WILLIAMS, 2018).

²⁸ Esse automóvel, em especial, foi alvo de uma grande controvérsia, retratada no documentário de 2006, *“Who killed the electric car?”*. Pois os consumidores não foram autorizados a comprar EV1s, mas foram

modelos contaram com novas tecnologias e componentes embarcados, baterias de hidreto metálico de níquel (NiMH) e baterias de ion-lítio, fornecidas por empresas de eletrônicos como Panasonic e Sony, além de sistemas de frenagem regenerativa que tornaram o desempenho desses veículos menos distante dos automóveis a combustão interna (HOYER, 2007).

A experiência do CARB na Califórnia ilustra uma importante alteração nas regras que regulam o mercado automotivo nesse Estado e as disputas em jogo neste tipo de situação. Diante dessa eminente alteração, os fabricantes de automóveis se portaram de forma ambígua, por um lado contestaram judicialmente o programa e disputaram o conteúdo e a legitimidade das novas regras, por outro investiram no desenvolvimento de novos modelos e tecnologias como forma de garantia em caso de derrota. Para além de seus efeitos imediatos, a norma serviu de modelo e inspiração para outros estados norte-americanos e para as regulamentações locais sobre a poluição do ar ao redor do globo. Foi o caso, por exemplo, das normas europeias de emissão que passaram a definir os limites aceitáveis para as emissões de gases em veículos novos vendidos na União Europeia (UE) e nos países-membros do Espaço Econômico Europeu. Essas normas são definidas por intermédio de uma série de diretivas da UE e promovem a introdução progressiva de padrões cada vez mais rigorosos.

A despeito dos avanços tecnológicos e políticos conquistados a partir destas iniciativas, os automóveis elétricos seguiram ocupando uma posição extremamente marginal no mercado automotivo. Sua produção, no final da década de 1990, além de irregular, não passava de algumas centenas de unidades por ano. O que reforça a ideia de uma trajetória repleta de idas e vindas, altos e baixos, fomentados por contextos específicos e iniciativas pontuais. Contudo, convém ressaltar que essa disputa tecnológica envolve um mercado em que atuam duas das indústrias mais ricas e poderosas do mundo, a automotiva e a petrolífera, assim como seus interesses e estratégias. O que não implica, necessariamente, uma oposição frontal aos automóveis elétricos, mas um peso relevante na intensidade e na direção da mudança, uma vez que as próprias montadoras desenvolveram diversos projetos nesse sentido e muitas empresas de petróleo ampliaram seu escopo para energia.

solicitados a assinar arrendamentos fechados, o que significa que os carros tiveram que ser devolvidos à GM no final do período de arrendamento, sem opção de compra, apesar do interesse em continuar com os automóveis.

4.4. NASCE UM NOVO PARADIGMA?

No início do século XXI, parecia, ainda, cômoda a situação das montadoras em relação à eletrificação dos veículos. Havia alguns projetos sendo desenvolvidos, envolvendo, principalmente, veículos híbridos e células de combustível, mas pouquíssimos em grande escala²⁹. O preço elevado do produto, a relativamente baixa autonomia das baterias e as difíceis e demoradas condições de recarga tornavam a alternativa elétrica, praticamente inviável aos consumidores médios. Todavia, os problemas de saúde pública, dependência de petróleo e emissão de poluentes mantiveram-se ou agravaram-se com a expansão do mercado automotivo e o crescimento econômico de grandes países emergentes.

A crescente percepção dos limites dos ecossistemas e dos recursos naturais criou um desafio a essa indústria, impulsionando importantes atores - políticos, empreendedores, novas montadoras, grupos organizados de consumidores, empresas do setor elétrico e eletrônico - em direção à mudança no setor. Novas exigências regulatórias, novas demandas e novos concorrentes passaram a despontar, na primeira década do século, para dar vazão ao desenvolvimento de novos modelos elétricos e das condições para sua utilização. Pode-se afirmar, nos termos propostos pela presente pesquisa, que os problemas vinculados ao mercado automotivo, esboçados no século anterior, se agravaram, demandando novas soluções e oportunizando a articulação e a entrada de novos atores sociais no mercado.

Preocupados com a qualidade de vida em suas metrópoles e com as possíveis mudanças climáticas vinculadas à atividade humana, mas também atentos às possibilidades de crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico envolvidas, muitos países passaram a elaborar políticas públicas visando a estimular a produção e a utilização de veículos elétricos nos seus territórios (MOCK; YANG, 2014). Essas políticas ligam-se a massivos investimentos voltados para o desenvolvimento de tecnologias renováveis, principalmente na área energética, com o objetivo de reduzir emissões de carbono, diminuir a dependência de combustíveis fósseis e fomentar uma via “limpa” para o crescimento econômico doméstico (MAZZUCATO, 2015). Essa via ficou conhecida como Crescimento Verde, uma trajetória baseada no uso sustentável de recursos não renováveis, que internaliza

²⁹ O Toyota Prius é primeiro caso de automóvel híbrido produzido em escala comercial. A primeira geração foi produzida no Japão entre 1997 e 2003 e vendeu cerca de 123 mil unidades. Disponível em: <https://blog.toyota.co.uk/history-toyota-prius>. Acesso em 16/06/2019.

os custos ambientais, incluindo os relacionados às mudanças climáticas, e estimula o desenvolvimento de tecnologias que economizam recursos esgotáveis, emitindo menos gases de efeito estufa (RODRIG, 2015).

Sobre este ponto, vale retomar a discussão realizada no Capítulo 2, a respeito do surgimento de novos vetores para inovação. A crescente preocupação internacional, relacionada às mudanças climáticas e ao esgotamento de recursos naturais (IPCC, 2018), introduz novos problemas que se transformam em oportunidades para o advento de iniciativas voltadas para o desenvolvimento do automóvel elétrico em diversos países, principalmente, por intermédio de assinatura de acordos multilaterais, protocolos e elaboração de políticas tecnológicas. Essas mudanças nas formas de regulação formais dos mercados tendem a conferir legitimidade à transformação da indústria e a sua contribuição para o crescimento verde.

Um dos países precursores na formulação dessas políticas foi a Noruega. Ainda na década de 1990, o país aprovou diversos incentivos aos veículos elétricos visando a fomentar sua embrionária indústria. Após o enfraquecimento da principal montadora de elétricos norueguesa, a Think Global, o raciocínio por trás dos incentivos mudou gradualmente para a redução de emissões locais e globais. O elevado imposto sobre a compra de automóveis a combustão interna, somado às isenções fiscais para a compra de veículos elétricos movidos a bateria, tornou o preço dos automóveis elétricos similar, ou até mesmo inferior, ao dos automóveis convencionais (LORENTZEN et al., 2017).

O sistema tributário da Noruega baseia-se no princípio segundo o qual, os veículos que poluem mais devem possuir uma taxa de compra mais elevada. Para todos os carros novos, essa taxa é calculada por uma combinação de peso, emissões de CO₂ e de NO_x. O imposto é progressivo, tornando muito caros os automóveis grandes, com emissões elevadas (HAUGNELAND et al. 2017). Além disso, a política de veículos elétricos da Noruega inclui rodovias com pedágio gratuito, acesso a faixas de ônibus, estacionamento gratuito e ampla rede de recarga rápida, aliás, uma das redes mais extensas do mundo, considerando a relação per capita (LUTSEY, 2015).

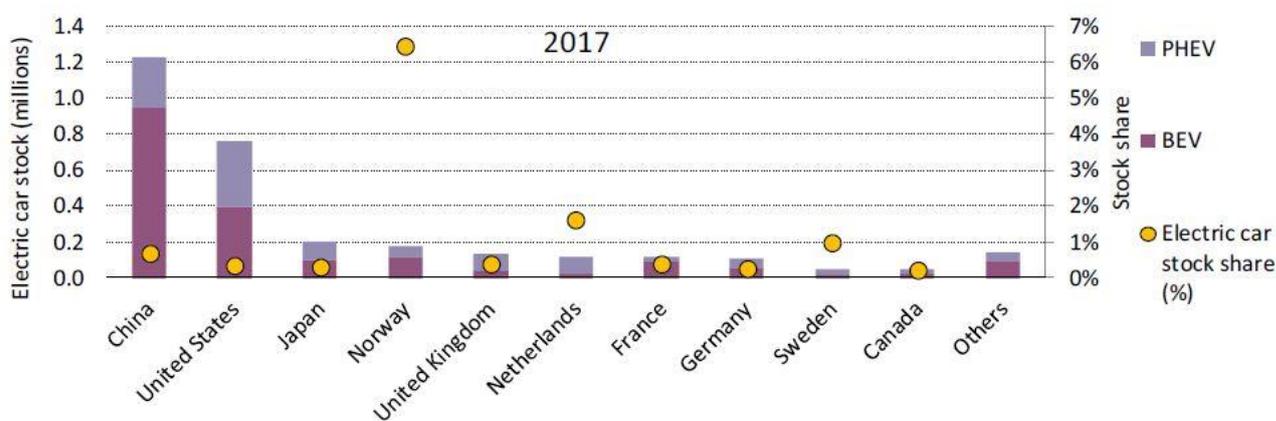
A continuidade desses incentivos fiscais, ao longo de diferentes governos, junto a programas de apoio ao desenvolvimento de uma infraestrutura básica de recarga, fez da Noruega o maior mercado de veículos elétricos do mundo em termos percentuais. Estima-se que 6,4% do estoque de veículos noruegueses sejam elétricos. Em 2017, o percentual de

vendas de automóveis elétricos atingiu a impressionante marca de 39%, pulverizados entre diversas marcas e modelos. Além disso, o país anunciou que pretende banir as vendas de veículos a combustão interna até 2025 (OECD/IEA, 2018).

Assim como a Noruega, no começo do século XXI, diversos outros países europeus passaram a adotar políticas de incentivo aos veículos elétricos. Entre esses, a Holanda e a Suécia destacam-se pela participação de veículos elétricos nos seus estoques, sendo que, respectivamente, 1,6% e 1% de todos os seus automóveis funcionam com tração elétrica. O Gráfico 4.2 ilustra esses índices, bem como o estoque de veículos elétricos nos principais países membros do *Electric Vehicle Initiative* (EVI)³⁰.

Outros países que se destacam, porém em termos de volume total, são os Estados Unidos e a China. Os Estados Unidos, que possuem cerca de 25% da frota de elétricos do mundo, foram recentemente ultrapassados pela China, estimando-se que esta corresponda a quase 40% de toda a frota de automóveis elétricos em circulação (OECD/EIA, 2018).

Gráfico 4.2 – Estoque de automóveis elétricos nos principais mercados no ano de 2017³¹.



Fonte: OECD/IEA, 2018.

Conforme o mencionado caso da Califórnia, os Estados Unidos também foram favorecidos por uma legislação precursora, em relação a automóveis de baixa emissão de gases poluentes. Além do *Zero Emission Vehicle* (ZEV) que, a partir de 2011, se tornou uma iniciativa intergovernamental com a adesão progressiva de outros 9 estados norte-

³⁰ EVI é um fórum político multigovernamental estabelecido em 2009 no âmbito do Clean Energy Ministerial (CEM), dedicado a acelerar a implantação de veículos elétricos em todo o mundo, conta hoje com 16 governos membros: Canadá, China, França, Alemanha, Índia, Itália, Japão, Coreia, Holanda, Noruega, Portugal, África do Sul, Espanha, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos.

³¹ VEB = Veículo elétrico a bateria; VEHP = Veículo elétrico híbrido plug-in. Os estoques são calculados com base nas submissões dos países e nas estimativas dos estoques de veículos rodantes.

americanos - Connecticut, Maine, Maryland, Massachusetts, Nova Jersey, Nova York, Oregon, Rhode Island e Vermont - as políticas federais, para promover veículos elétricos, passaram a incluir créditos fiscais na compra desses veículos, regulação nos padrões de emissões por intermédio da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e grandes investimentos em redes de recarga (LUTSEY, 2015). Só em 2017, foram vendidas 198,35 mil unidades de automóveis elétricos no país (OECD/EIA, 2018).

Apesar desses incentivos, a eletrificação dos automóveis, nos Estados Unidos, parece possuir velocidades muito diferentes conforme o estado. A tributação dos veículos elétricos, por exemplo, varia de 0 a 9,4% do valor agregado, conforme a unidade da federação (MOCK; YANG, 2014). Além disso, os impostos relativamente baixos sobre os combustíveis fósseis e a incerteza que paira sobre as revisões anunciadas dos atuais padrões de emissão de gases - recentemente considerados muito rigorosos pelo governo federal - não apontam para uma transição massiva do sistema automotivo (OECD/IEA, 2018). Por outro lado, os estados integrantes do ZEV possuem metas e ambições claramente definidas que, além de alcançarem rápida penetração no mercado, garantem a continuidade do apoio para a implantação de veículos elétricos nos Estados Unidos. Um exemplo disso é o fato de a Califórnia, que representa cerca de 50% das vendas de veículos elétricos no país (LUTSEY, 2015), comprometer-se, em 2018, a manter regras mais rígidas para as emissões, mesmo no caso de os padrões federais serem revertidos.

Outro ator político relevante nesse momento da trajetória do automóvel elétrico, é o governo da China. Com o início das reformas econômicas que levariam a China a uma economia de mercado socialista³², veio uma série de metas voltadas para a modernização de setores industriais considerados importantes, entre os quais, o setor automobilístico despontava como uma vanguarda tecnológica estratégica para as aspirações chinesas de se tornar uma das maiores economias mundiais.

Tendo o desenvolvimento tecnológico como meta, o governo chinês estabeleceu, em 1994, uma política para a indústria automotiva que obrigava as grandes empresas automobilísticas multinacionais a criarem *joint ventures* com as empresas chinesas, de forma a garantir que a futura indústria automobilística da China se beneficiasse de transferência de

³² Definição do próprio Ministério do Comércio da República Popular da China <http://english.mofcom.gov.cn/article/topic/bizchina/economicsystem/200406/20040600239133.shtml>. Acesso em 14/05/2019.

tecnologia através da operação conjunta. As empresas que não cumprissem as regras seriam impedidas de operar no crescente mercado chinês. Paralelamente a isso, o governo buscou criar grandes empresas automobilísticas chinesas fora das *joint venture* para competir com as empresas estrangeiras, tanto no interior da China quanto no exterior (HOWELL, et al., 2014).

Todavia, tornar-se um fabricante de equipamento original para automóveis de classe mundial (*Original Equipment Manufacturer* - OEM) não é uma tarefa simples. Ao longo desses anos, nenhuma montadora chinesa conseguiu atingir os objetivos do governo e tornar-se uma empresa competidora de classe mundial. Muitos dos modelos produzidos ainda são produtos de engenharia reversa ou simples cópias das montadoras internacionais (HOWELL, et al., 2014). Por isso, a eletrificação dos automóveis apareceu como uma oportunidade única de a indústria automobilística chinesa lançar-se nesse novo paradigma tecnológico.

Além de fornecer uma via para o desenvolvimento de uma tecnologia não consolidada, os automóveis elétricos auxiliariam em outras duas questões importantes: a segurança energética e a poluição nas grandes metrópoles chinesas. Essa leitura da situação estimulou o governo chinês a definir metas ambiciosas para o desenvolvimento e a implementação de veículos elétricos nacionais.

A primeira abordagem do governo, nesse sentido, foi investir em programas de P&D para o desenvolvimento de tecnologias vinculadas aos veículos movidos a energia elétrica³³. Segundo o relatório da OECD (2015), foram investidos cerca de US\$ 118 (cento e dezoito milhões de dólares), entre 2006 e 2010, pelo governo nacional, além de mais US\$ 1 (um bilhão de dólares), pelos governos e indústrias locais, em empréstimos e subvenções para P&D. A partir de 2009, a China alterou o foco para incentivos na produção de fabricantes, compras públicas, como frotas de ônibus e táxis, além de subsídios privados ao consumidor para veículos elétricos em algumas áreas piloto (Pequim, Xangai, Shenzhen, Hangzhou, Hefei, Changchun e Chongqing). Essas isenções de impostos de aquisição para automóveis elétricos variam de US\$ 6.000 (seis mil dólares) a US \$10.000 (dez mil dólares) por veículo, pois as autoridades locais e regionais podem complementá-las dentro do limite de 50% dos

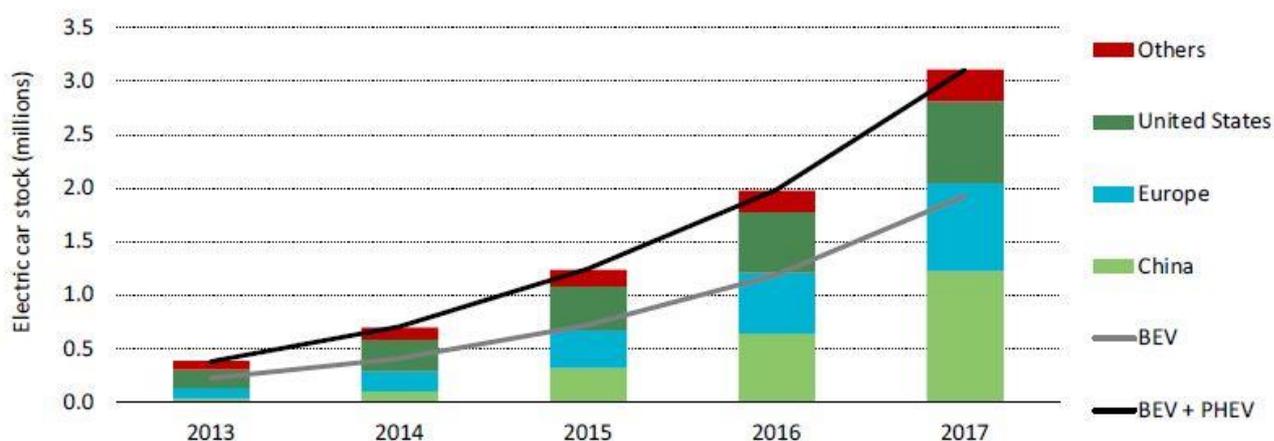
³³ O governo chinês utiliza o termo *new energy vehicle* (NEV) para referir-se a veículos de passageiros que adotam novos sistemas de energia e são movidos inteiramente ou principalmente por novas fontes de energia, incluindo veículos de passageiros híbridos plug-in (incluindo alcance estendido), elétricos puros e célula de combustível. Disponível em: <http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146295/n1146557/n1146624/c5824932/content.html>. Acesso em 21/05/2019.

subsídios centrais (LUTSEY, 2015). Contudo, esses incentivos geralmente não estão disponíveis para veículos elétricos fabricados no exterior.

Somam-se a isso, esforços regionais que incluem parcerias inovadoras com determinadas empresas de veículos e baterias, planos de infraestrutura para recarga e políticas locais de restrição de licenciamento para veículos a combustão interna, estas últimas adotadas em algumas cidades chinesas, nas últimas décadas, visando à redução da poluição do ar. Trata-se de uma medida que determina uma cota anual de expedição de placas de registro para veículos a combustão interna, as quais passaram a ser distribuídas mediante sorteio ou leilão. Isso faz com que, em algumas cidades como Pequim, Guangzhou, Guiyang, Hangzhou, Xangai, Shenzhen, Tianjin (OECD/IEA, 2016), a obtenção e o registro de um veículo elétrico tornem-se uma tarefa muito mais fácil do que ocorre no caso de um automóvel convencional.

Logo, percebe-se que os esforços estratégicos chineses para o crescimento do mercado de veículos elétricos, incluem pesquisa e desenvolvimento, incentivos regulatórios, aquisição de veículos públicos, subsídios à produção de veículos, incentivos ao consumidor, além de investimentos públicos em infraestrutura de recarga (LUTSEY, 2015). A combinação de restrições impostas com incentivos financeiros que tornam os automóveis elétricos financeiramente acessíveis, somados às dimensões da economia chinesa, é um dos fatores que explica a rápida transformação da China como o maior mercado de automóveis elétricos do mundo, com quase 580 mil carros elétricos vendidos em 2017 (OECD/IEA, 2018), como pode ser visto no Gráfico 4.3.

Gráfico 4.3 – Evolução do estoque global de automóveis elétricos, 2013-17.



Fonte: OECD/IEA, 2018.

Esses diferentes conjuntos de políticas públicas, a partir das diversas realidades produtivas e institucionais, foram fundamentais para o crescimento do mercado de elétricos nesses países. Porém, isso só foi possível graças ao surgimento de novos entrantes, empresas, institutos de pesquisa e associação de usuários que articularam diferentes alianças estratégicas com atores institucionais e viabilizaram o desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações para os veículos elétricos.

Para além das principais montadoras chinesas (BYD Auto, BAIC Group, JAC Motors, Geely Holding Group, Chery Automobile) e seus contextos particulares, outro importante ator, nesse processo, foi a montadora californiana Tesla Motors. Fundada em 2003, no Vale do Silício, a Tesla teve como uma de suas motivações, a controvérsia envolvendo o *recall* dos automóveis elétricos da GM, na década de 1990, segundo o próprio Diretor Executivo Elon Musk³⁴. Diferentemente dos projetos do século passado, focados em nichos específicos que pressupunham uma adaptação dos costumes às limitações dos novos automóveis elétricos, o conceito da Tesla era produzir automóveis elétricos melhores, mais rápidos e mais interessantes que os convencionais³⁵. Em outras palavras, produzir automóveis elétricos que se mantivessem fiéis aos anseios e entendimentos compartilhados sobre automóveis a combustão, a saber, velocidade, potência, mobilidade, comodidade, *design*, alta tecnologia e, ainda, sustentabilidade energética.

O primeiro modelo da companhia, o esportivo Tesla Roadster, é uma expressão dessa concepção de automóveis elétricos de alta performance. Os modelos seguintes - Modelo S, Modelo X e Modelo 3 - mantiveram essa ideia, mas, gradualmente, tornaram-se mais acessíveis e direcionados à produção em massa. Esses modelos contam com baterias de células de íon-lítio, como as utilizadas nos equipamentos eletrônicos, que são produzidas em parceria com a empresa japonesa Panasonic, e representam um avanço relevante em termos de autonomia dos veículos (o modelo Tesla 3 promete uma autonomia de 499 km a cada recarga). Essa parceria pode ser apontada como uma das principais causas do avanço na capacidade de armazenamento de energia das baterias veiculares, uma vez que a indústria de bens eletrônicos portáteis progrediu muito nesse sentido (COWAN; HULTEN, 1996).

³⁴ Conforme: <https://twitter.com/elonmusk/status/873116351316938753>. Acessado 14/04/2019.

³⁵ Inclusive, uma das principais áreas de pesquisa da Tesla é o desenvolvimento de sistemas de autônomos de condução.

Além de apresentar-se como uma montadora nova e independente, o que a deixa livre de uma série de inércias e amarras vinculadas ao paradigma tecnológico da combustão interna, a Tesla possui um modelo de negócios relativamente diferente daquele das montadoras tradicionais. Isso pode ser observado na forma como a empresa comercializa e presta serviços para seus usuários, por encomenda e sem o intermédio de concessionárias, e também no próprio escopo da empresa: a transição energética para fontes renováveis.

Embora o automóvel elétrico seja o seu principal produto, a empresa trabalha com uma série de equipamentos voltados para soluções energéticas³⁶, pois desenvolve tecnologias como painéis solares, conjunto de baterias e acumuladores de energia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Algo que se torna evidente quando observada a fusão da Tesla com a Solar City, empresa de energias renováveis, em 2016.

Outro feito relevante da Tesla, no ano seguinte à fusão, foi ter ultrapassado o valor de mercado de empresas tradicionais como a GM e a Ford³⁷. Apesar de possuir uma capacidade produtiva muito inferior às gigantes do setor (foram 101.027 Teslas vendidos em 2017) e atuar constantemente no vermelho, a empresa do Vale do Silício ultrapassou o valor de mercado das montadoras de Detroit. Essa supervalorização pode ser atribuída, não apenas ao sucesso no desempenho das células de íon-lítio embarcadas nos modelos da Tesla, mas também a certa confiança no potencial de crescimento vinculado à figura de Elon Musk, como um mítico empreendedor carismático³⁸. Alguns analistas falam em bolha especulativa, mas também faz sentido pensar em termos de um ambiente favorável, uma aposta na ação persistente mediada pelo carisma de Musk. O certo é que o deslocamento de expectativas de Detroit para o Vale do Silício representa uma importante tensão no mercado automobilístico.

Uma via diversa, mas também significativa, para essa tensão pode ser percebida nas grandes metrópoles europeias. Visando a minimizar os problemas de poluição e congestionamento vinculados ao transporte urbano, algumas cidades passaram a disponibilizar serviços de compartilhamento de automóveis elétricos em suas áreas. Em 2011, o maior serviço desse tipo foi lançado em Paris, através de uma parceria público-privada e chegou a contar com mais de 4 mil automóveis elétricos, mil estações de recarga e

³⁶ Conforme: https://www.tesla.com/en_CA/blog/secret-tesla-motors-master-plan-just-between-you-and-me?redirect=no. Acesso em 18/05/2019.

³⁷ Conforme: <https://observador.pt/especiais/sobe-sobe-tesla-sobe-a-bolha-dos-carros-eletricos-vai-estoirar/>. Acesso em 18/05/2019.

³⁸ Este tipo de situação demonstra que o carisma ainda é um elemento importante no processo inovativo e não foi completamente substituído pela equipe de pesquisadores profissionais (FREEMAN; SOETE, 2008).

cerca de 150 mil usuários inscritos, envolvia a empresa de logística francesa Bolloré, a designer de automóveis italiana Pininfarina e as prefeituras da região metropolitana de Paris.

Porém, essa atividade foi interrompida em 2018, em função de controvérsias vinculadas à rentabilidade do sistema. Apesar desse revés, o serviço serviu de inspiração para diversas outras metrópoles e segue em operação em outras cidades como Bourdeaux, Lyon, Londres e Torino. Ademais, esse tipo de parceria com administrações locais serviu de estímulo para os fabricantes de componentes elétricos e as montadoras (novas e tradicionais) investirem no desenvolvimento de modelos elétricos urbanos.

A ideia de compartilhar um automóvel elétrico, de tratá-lo não como uma propriedade, mas como um serviço a ser contratado e compartilhado para pequenos deslocamentos urbanos é radicalmente diversa da proposta de produção de automóveis individuais de alta performance, da Tesla. A diferença entre as propostas reside não apenas nas expectativas sobre os automóveis e suas finalidades, mas na própria articulação dos atores envolvidos. No caso do Autolib francês, a rede parece depender muito mais da administração pública local, do apoio da população e da gestão da parceria público privada do que da iniciativa de uma grande empresa conduzida por um empreendedor.

Ainda assim, essa proposta de compartilhamento pode ser encarada como um vetor de tensionamento ao predomínio tecnológico dos automóveis a combustão interna, pois enfrenta os principais problemas vinculados à mobilidade privada, dependente de combustíveis fósseis. Inclusive, muitas empresas automobilísticas tradicionais buscam responder a essa tensão investindo, não apenas em modelos elétricos de automóveis, mas em soluções que envolvam todo o conceito de mobilidade. Isso inclui investimentos em digitalização, logística, automação, mobilidade partilhada e, claro, energia³⁹.

Adicione-se a isso, o surgimento da Formula E⁴⁰, que funciona como uma espécie de laboratório de luxo para o desenvolvimento de carros elétricos, bem como a presença massiva de automóveis elétricos em todas as últimas edições dos Salões do Automóvel ao redor do globo, e temos um panorama consideravelmente diverso em comparação com a virada para o século XXI.

³⁹ Conforme: <https://g1.globo.com/carros/noticia/bmw-e-dona-da-mercedes-benz-se-unem-por-compartilhamento-de-carros.ghtml>. Acessado em 19/05/2019.

⁴⁰ Conforme: <https://exame.abril.com.br/estilo-de-vida/formula-e-e-o-maior-laboratorio-de-desenvolvimento-dos-carros-diz-ex-f1/>. Acesso em 20/05/2019.

Isso não quer dizer que o motor a combustão esteja, necessariamente, em crise. Automóveis movidos a combustíveis fósseis ainda são a esmagadora maioria e são considerados os melhores meios de transporte privado, pela maior parte dos usuários. Como afirmaram Cowan e Hultén, nos idos de 1996: “a tecnologia [motor de combustão interna] funciona como as pessoas esperam, a custos previsíveis. Na verdade, ela define nossa percepção de automóveis e transporte privado” (p.13). Contudo, cabe ressaltar que ao longo desses anos, os custos (humanos, ambientais, monetários) elevaram-se a ponto de surgir um forte movimento em direção a fontes renováveis de energia e a processos menos poluentes, o que tende a tornar a alternativa tecnológica cada vez mais interessante.

* * *

A análise dessa disputa, ao longo de todos esses anos, aponta para um mercado cuja história se mescla à história do próprio capitalismo industrial moderno. Na origem da disputa, em meio a uma série de descobertas científicas sobre novas formas de propulsão, o mercado de transportes era dominado pela tração animal e pelos motores a vapor. A concepção de mobilidade e as expectativas em relação a ela eram totalmente distintas do que viria a ser experimentado com os primeiros automóveis. Logo, as formas de regulação do mercado (regras e normas) encontravam-se relativamente abertas.

Neste período formativo do mercado, as três alternativas tecnológicas (vapor, eletricidade e combustão interna) possuíam atores engajados em sua implementação e contavam com vantagens e desvantagens (técnicas e econômicas) em relação às concorrentes. Todavia, a entrada e atuação de novos atores na rede do automóvel a gasolina e o desenvolvimento de outros setores interdependentes, promovido por políticas governamentais alinhadas à tecnologia, como a expansão da malha rodoviária e o sistema de abastecimento, acabou por produzir novas vantagens para o motor a combustão interna. O desenvolvimento e a implementação bem-sucedida de um novo modelo de organização da produção, em massa, dos automóveis a combustão também foi central para o estabelecimento da tecnologia, uma vez que os retornos da adesão massiva produziram vantagens de mercado crescentes e um aprisionamento da tecnologia.

A consolidação dessas vantagens, junto ao progressivo desenvolvimento da tecnologia e das normas vinculadas a sua produção, comercialização e utilização, promoveu a

estabilização do automóvel a gasolina no mercado automotivo. Condição que só voltou a ser ameaçada com os problemas surgidos a partir da expansão do mercado e das crises de abastecimento de petróleo. Ainda assim, as articulações existentes, na época, esbarraram no elevado grau de incerteza, na baixa de legitimidade das propostas, na ausência de normas e regras alinhadas à tecnologia e no comportamento ambíguo das grandes montadoras consolidadas no mercado.

Porém, esse quadro vem se alterando nos últimos anos com o agravamento dos problemas vinculados à crescente expansão do mercado e seus impactos sobre o ambiente e os grandes centros urbanos. Face a esse agravamento, a disputa parece retornar sob novos termos. Diferentes gestões públicas vêm promovendo novas políticas de incentivo ao desenvolvimento e comercialização de tecnologias alternativas, como o automóvel elétrico. Em paralelo a isso, novas e robustas iniciativas voltadas para os automóveis elétricos têm surgido em distintos países. A diferença desse momento, em relação ao anterior, repousa no acúmulo histórico de conhecimento relativo à tecnologia, na entrada de novos atores relevantes nas redes, como a Tesla e empresas do setor elétrico-eletrônico, e no caráter sistêmico e duradouro dessas alterações nas regulações do mercado, inclusive como estratégias geopolíticas de segurança energética e desenvolvimento de um novo paradigma tecnológico, como no caso da China. O que acaba por pressionar tanto concorrentes no mercado quanto gestores públicos.

Portanto, esse movimento estimulou a entrada de novos atores sociais no mercado automotivo. Com isso, novas concepções e entendimentos tornaram-se, progressivamente, legítimos. Assim, o espaço para a mudança tecnológica e para a inovação, tornou-se maior. Todavia, este não é um processo simples que ocorre linearmente a partir da influência de uns poucos fatores. Trata-se de uma mudança complexa e controversa, estimulada por um desafio global, que pode ser abordada de diferentes formas e despertou variados graus de interesse ao longo do tempo. O capítulo seguinte busca apresentar a configuração do mercado automotivo brasileiro, desde suas origens, para melhor compreender essas mudanças e seus limites no contexto nacional.

5. O MERCADO DO AUTOMÓVEL ELÉTRICO NO BRASIL

Conforme visto nas páginas precedentes, o contexto em que a inovação ocorre é essencial para a compreensão das dinâmicas envolvidas no processo inovativo. Este capítulo busca apresentar o mercado automotivo brasileiro como o contexto mais geral em que ocorrem as iniciativas voltadas para a implementação do automóvel elétrico. Para tanto, descreve-se o espaço que o mercado automotivo ocupa na economia capitalista nacional, sua relação com os processos históricos de modernização e seus vínculos com estratégias de desenvolvimento econômico e políticas de inovação, com o propósito de fornecer um quadro de referência sobre este espaço de relações em que atuam as redes de inovação voltadas ao automóvel elétrico.

A elaboração do capítulo foi realizada com base em informações coletadas junto a duas fontes principais: 1) um banco de dados sobre o tema, elaborado pelo autor, a partir de fontes secundárias (portais de notícias especializados, relatórios de conjuntura, anuários do setor automotivo, estudos sobre políticas públicas, leis e decretos federais); e 2) entrevistas semiestruturadas realizadas com atores do mercado nacional (montadoras, agências reguladoras, sindicatos trabalhistas, associações de proprietários, associações de profissionais e associações de promoção do veículo elétrico), os quais serão citados ao longo do capítulo.

A primeira seção deste capítulo destina-se à descrição do período formativo e de consolidação deste mercado, suas intrincadas conexões com os projetos desenvolvimentistas e as implicações destas conexões nas estratégias produtivas das montadoras. Destaca-se, neste primeiro momento, o papel do governo central na atração de produtores estrangeiros e na consolidação do mercado automotivo interno, por meio de políticas protetivas à produção e incentivos ao consumo de massa. Ressalta-se, também, o papel desempenhado pelo setor automotivo como importante vetor dos projetos desenvolvimentistas e de modernização da estrutura produtiva e da sociedade nacional, bem como o padrão de intermediação indústria/governo que se consolidou nesse momento.

A seção seguinte aborda o período de abertura comercial do mercado, a entrada de novas montadoras, modelos e tecnologias e a reordenação espacial da produção de autoveículos. Ressalta-se, aqui, o conjunto de mudanças na regulação do mercado,

vinculadas aos projetos de integração à economia global, e os impactos destas alterações na organização da produção, nas estratégias das empresas, no consumo, nos modelos de negociação de interesses e no desenvolvimento da tecnologia. Em especial, investiga-se o desenvolvimento e o aprimoramento dos motores *flex fuel*, assim como os desdobramentos deste feito, em termos de interdependência de trajetória tecnológica, vinculados à difusão do etanol como fonte de energia alternativa.

Em seguida, analisa-se o conjunto de políticas instauradas a partir do Inovar-Auto, primeira política industrial automotiva do país voltada, especificamente, para a inovação tecnológica e não apenas para a expansão do setor. Essa política foi elaborada e executada pelo Governo Federal, contribuindo para a produção nacional de automóveis energeticamente mais eficientes e para a atração de novos investimentos estrangeiros, centros de pesquisa e plataformas produtivas. No entanto, foi alvo de recursos impetrados na Organização Mundial do Comércio (OMC), por sobretaxar, em 30 pontos percentuais, o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) dos automóveis importados. Nesta seção são exploradas, também, as consequências destas mudanças na regulamentação para o desenvolvimento e a promoção de novas tecnologias veiculares, como a mobilidade elétrica.

O agravamento de questões relacionadas a emissões de poluentes, saúde pública, congestionamento nas grandes metrópoles e impactos ao ambiente, somado às mudanças nos entendimentos compartilhados sobre o papel do automóvel privado, nestas questões, traz consigo oportunidades para a criação de novas normas e regulações para o mercado automotivo, como o Rota 2030, as quais poderiam alterar o mercado de forma a favorecer o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, remodelando o posicionamento dos atores. A quarta seção do capítulo volta-se para a investigação das mudanças provocadas no mercado automotivo nacional, a partir do agravamento destas questões e o surgimento destas tendências tecnológicas.

Por fim, a última seção é dedicada à descrição da configuração do mercado automotivo nacional, a partir de sua estruturação, ao longo do tempo, e as implicações destas conjunturas para o arranjo institucional atual e para a produção de inovações como o automóvel elétrico.

5.1. A FORMAÇÃO E A CONSOLIDAÇÃO DO MERCADO AUTOMOTIVO

Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2019), o Brasil é o 8º maior mercado interno de autoveículos e o 9º maior produtor, sendo que a participação dessa indústria no PIB nacional corresponde a 22% da indústria de transformação e 4% do total. São cerca de 26 fabricantes de autoveículos e máquinas agrícolas associados, 582 fabricantes de autopeças e 5.226 concessionárias, com 67 unidades industriais espalhadas por 10 estados da federação e mais de 1,3 milhão de empregos no setor.

Apesar das recentes oscilações na produção (2015 e 2016), trata-se de um mercado essencial para o desempenho econômico do país. Mais do que isso, trata-se de um setor intimamente vinculado aos processos de industrialização e modernização da economia nacional, além de ser berço de um dos principais movimentos políticos do país, na segunda metade do século passado. Conforme referido no Capítulo 4, as primeiras montadoras norte-americanas - Ford e GM - vieram para o Brasil, já em meados da década de 1920, porém, estas fábricas apenas importavam os automóveis parcialmente desmontados e os montavam em território nacional⁴¹ (NEGRO, 1997). Foi só na década de 1950, sob a égide dos projetos desenvolvimentistas de Vargas e Kubitschek, que foram realizados os primeiros esforços no sentido da produção nacional de automóveis.

Voltados para a atração das indústrias estrangeiras e a nacionalização gradual da produção de automóveis, esses projetos desenvolvimentistas promoveram alterações nas formas de regulação do mercado, políticas de financiamento público, através do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE), restrições às importações e normas de proteção do potencial mercado interno, como estratégia de industrialização e modernização do parque fabril nacional. Esta atração ocorreu por intermédio de processos de articulação de interesses entre o Estado brasileiro e os fabricantes estrangeiros, o que implicou em um arranjo de estreitas relações entre atores públicos e empresariais, desde os primórdios do mercado automotivo nacional. Todavia, como bem refere Shapiro (1997), esse processo de articulação, longe de significar uma convergência absoluta de interesses entre Estado e

⁴¹ Nesse período, os veículos que não eram importados montados tinham suas peças importadas em kits e eram montados nas fábricas de montagem em solo nacional. Esta montagem era realizada de duas formas, através da operação em que as peças vinham parcialmente desmontadas (SKD) ou completamente desmontadas (CKD).

Indústria, expressou diferentes estratégias de investimentos por parte das empresas e diferentes entendimentos, de parte do Estado brasileiro, sobre o ritmo de entrada e o percentual de nacionalização dos veículos.

Um exemplo dessas diferenças encontra-se nos distintos graus de entusiasmo das empresas estrangeiras, ao submeterem seus projetos de produção de automóveis à apreciação do Grupo Executivo para a Indústria Automotiva (GEIA), órgão criado, em 1956, pelo então presidente Juscelino Kubitschek (JK) para supervisionar o plano automotivo. Como demonstram os estudos de Shapiro (1997) e Negro (1997), as primeiras propostas para a produção de veículos de passeio não contavam com a presença de nenhuma das “Três Grandes” de Detroit - Ford, GM e Chrysler. Estas empresas se mostraram reticentes em relação ao projeto de nacionalização da produção de automóveis e preferiram, num primeiro momento, apostar na produção de veículos comerciais (caminhões e utilitários) e negociar melhores condições e vantagens para sua produção. Por outro lado, fabricantes menores, como a norte-americana Willys Overland, diante da forte tendência à criação de oligopólios nos seus países de origem viram, no mercado brasileiro em formação, uma possibilidade de sobrevivência.

Isso fez com que as primeiras propostas de veículos de passeio, aprovadas pelo GEIA, antes do fechamento do mercado fossem, com exceção da Volkswagen, feitas por fabricantes menores, controladas por capital brasileiro, como a Vemag, a Willys Overland do Brasil e a Fábrica Nacional de Motores (FNM), ou por *joint ventures* com a participação do capital nacional, como a Simca (SHAPIRO, 1997). Com especial destaque para a Willys do Brasil, estas empresas foram as primeiras responsáveis por atender à demanda reprimida do mercado automotivo nacional naquele período.

Este ciclo inicial de expansão - 1957 a 1962 - foi marcado por grandes investimentos em novas unidades fabris, massivas contratações de mão de obra industrial e por um ritmo produtivo intenso, necessário para alcançar os índices de nacionalização e as metas de produção acordadas com o Governo Federal. Segundo Shapiro (1997) esta intensidade, expressa na famosa promessa de modernização “cinquenta anos em cinco”, estava ligada às próprias necessidades do governo desenvolvimentista de Kubitschek, de projetos de investimentos amplos, rápidos e definitivos, sem possibilidade de reversão, pois não havia garantias de que a administração seguinte não optasse por uma perspectiva mais monetarista e desse prosseguimento à política anterior de importação de automóveis.

Impulsionado por esse ritmo de crescimento e pelos índices de nacionalização, o setor de autopeças também se estabeleceu, não sem algumas dificuldades iniciais, como um importante elemento dinâmico da economia nacional, graças à cooperação, assistência técnica e contratos de longo prazo com as montadoras (ADDIS, 1997).

5.1.1 As gigantes entram em cena

A partir de 1963, o setor automotivo enfrentou uma crise que se estendeu até 1968. Após a satisfação inicial da demanda represada, as fábricas começaram a apresentar certa ociosidade na capacidade instalada, as vendas do setor caíram com o processo inflacionário e diante de suas próprias práticas de altos preços. Somou-se a isto, o processo de instabilidade econômica e política no contexto do Golpe de 1964 e o programa de austeridade econômica implementado pelos militares, naquele período (SHAPIRO, 1997; PRETO 1997; GARCIA, 2009). A Volkswagen foi a exceção, pois conseguiu manter a crescente ascensão nas vendas até a retomada do setor, graças à aceitação do automóvel compacto VW Fusca.

Esse período foi um marco final da fase pioneira da indústria automotiva nacional. Das onze empresas que iniciaram o processo de fabricação nacional de veículos, apenas sete sobreviveram a ele, sendo o restante absorvido em processos de fusões e compra de ativos. Entre as sobreviventes, somente permaneceram as gigantes controladas pelo capital transnacional. Simca, Vemag, Willys e FNM acabaram absorvidas por empresas estrangeiras maiores. Foi nesse período de consolidação que a Ford e a GM entraram no mercado de automóveis de passeio, investindo em novas instalações produtivas e absorvendo as empresas existentes (SHAPIRO, 1997).

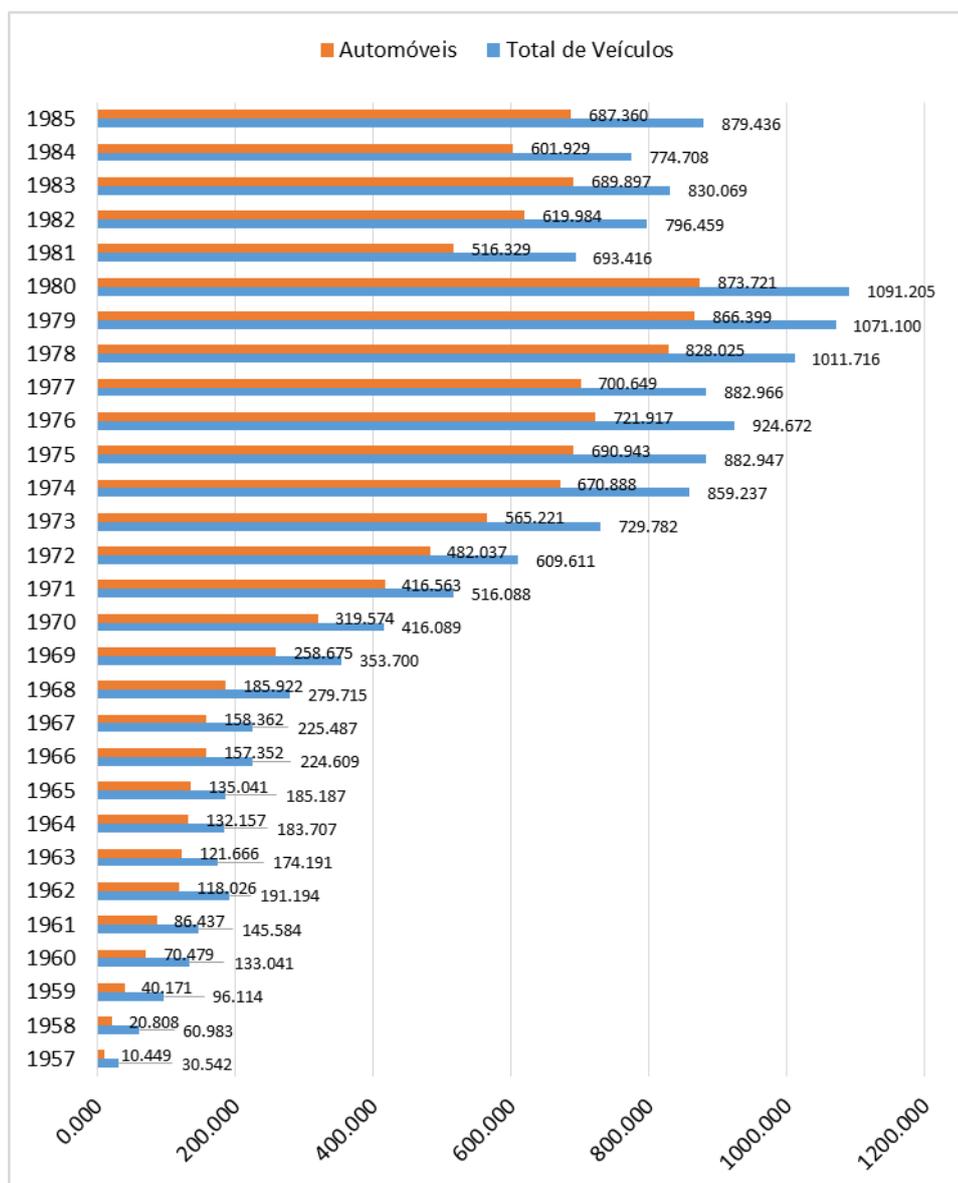
O comportamento das gigantes norte-americanas, nesse caso, pode ser melhor compreendido a partir da perspectiva do mercado automotivo brasileiro como um espaço concreto de relações sociais de disputa e cooperação, estruturado e regulado por ordens sociais. As referidas empresas, relativamente consolidadas e cientes de suas posições no mercado internacional, tomaram medidas defensivas em relação à proposta de nacionalização da produção, do governo brasileiro. Face às novas regras de importação e aos índices de nacionalização decretados pelo Executivo, as empresas procuraram negociar

vantagens específicas para sua produção, tendo como trunfo sua dimensão e legitimidade no mercado. Somente após assegurado o potencial de crescimento do mercado brasileiro, testado pelas empresas menores com a participação do capital nacional, e assegurada a irrevogabilidade do fechamento do mercado à importação, isto é, a vigência efetiva da norma, as empresas consolidadas comprometeram-se com a produção nacional de automóveis.

Em relação a esta reticência das grandes montadoras norte-americanas, cabe mencionar que o sucesso do processo de nacionalização da produção de automóveis dependia, simbolicamente, da produção de carros de passeio, afinal o automóvel e não o caminhão era o emblema da modernização de JK. Por isso, a ausência de propostas da Ford e da GM (marcas vistas como referência em automóveis) era considerada um desastre pela opinião pública. Mesmo assim, coube às empresas Vemag, Simca, Willys e Volkswagen a tarefa precursora de produzir automóveis em solo brasileiro.

Contudo, se no início do processo de nacionalização os brasileiros eram obrigados a dirigir Fuscas e outros compactos europeus por falta de alternativas, nos anos seguintes esse uso ocorreu por opção. Em 1968, a participação da VW, na venda de automóveis, era de quase 80%, em 1976, quando já havia outros modelos disponíveis no mercado, essa participação ainda se mantinha em 62% (SHAPIRO, 1997).

Após esse período de reacomodação do mercado, ocorreu uma nova fase de intenso crescimento. Durante o chamado Milagre Econômico (1968 a 1973), a produção nacional de veículos alcançou a impressionante taxa média de crescimento de 20% ao ano (ver Gráfico 5.1). Este crescimento foi possível, pois a concentração de renda e os novos instrumentos de crédito ao consumidor (em especial, os consórcios) provocaram a explosão da demanda. Do lado da produção, os militares controlavam os custos da mão de obra, comprimindo salários e reprimindo os sindicatos. Em relação ao oligopólio das montadoras cada vez mais concentrado, a autoridade era exercida por intermédio de instrumentos de controle de preços (SHAPIRO, 1997).

Gráfico 5.1 – Evolução da produção de automóveis e autoveículos no Brasil⁴² (1957-1979).

Fonte: Composição a partir de ANFAVEA (2019).

Com esta expansão vertiginosa, a indústria automotiva consolidou-se como uma das mais robustas e dinâmicas do país. Nessa mesma década, com o auxílio do Programa Befiex⁴³, de 1972, as montadoras aqui instaladas começaram a intensificar a exportação de parte da produção para os países vizinhos. Com isso, nosso país ultrapassou a marca de 1 milhão de veículos produzidos ao ano (1978) e, conseqüentemente, o Brasil se tornou um

⁴² A categoria autoveículos inclui automóveis, veículos leves, caminhões e ônibus.

⁴³ Benefícios Especiais para o Financiamento da Exportação (Befiex), programa de incentivo à exportação do Governo Federal que, no caso específico do setor automotivo, promovia a integração regional com a Argentina e vinculava projetos de investimento a programas de exportação de empresas.

dos principais fabricantes mundiais de automóveis (GARCIA, 2009). Cabe referir que, nesse mesmo período, apesar dos choques do petróleo e da ameaça de recessão econômica, o governo militar dobrou a aposta e investiu fortemente no setor produtivo com o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND).

5.1.2 O nascimento o Proálcool⁴⁴

Nesse período, também foi instituído o Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, criado pelo Decreto nº 76.593 de 1975, com o objetivo de estimular a produção de álcool⁴⁵ como combustível veicular alternativo à gasolina e reduzir a dependência da importação de petróleo. No primeiro choque do petróleo, os gastos do Brasil, com a importação deste combustível e de seus derivados subiram de US\$ 750 milhões, em 1973, para US\$ 4,1 bilhões, em 1974 (BARCELOS, 2015).

Considerado o primeiro grande programa de substituição de combustível fóssil por biocombustível (NITSCH, 1991), o Proálcool foi um importante ponto de inflexão na trajetória do mercado automotivo nacional. Concebido e implementado no interior do ideário nacional desenvolvimentista, o programa baseava-se na percepção de que o país deveria desenvolver tecnologias que permitissem explorar as matérias-primas aqui abundantes e contribuíssem com a soberania energética nacional. Com base nestas diretrizes, foram realizados estudos e tratativas no sentido de desenvolver e aperfeiçoar o motor a álcool, em escala comercial, ao mesmo tempo em que foram realizados expressivos investimentos na cadeia industrial do açúcar e do álcool. Em 1979, foi produzido, em série, o primeiro automóvel a álcool hidratado, o Fiat 147. Com o auxílio da redução na alíquota do IPI para automóveis a álcool, no ano seguinte estes já representavam quase um quarto da produção nacional de automóveis. Com o segundo choque internacional, o preço do barril de petróleo alcançou patamares históricos e a produção de automóveis a álcool cresceu a ponto de, em 1985,

⁴⁴ Apesar da grafia original do programa ser Pró-Álcool, optou-se pela conformidade com as regras do novo acordo ortográfico.

⁴⁵ O uso de um percentual de álcool anidro, etanol praticamente puro, misturado à gasolina é uma política antiga no Brasil, cujos valores percentuais variam ao longo do tempo. A grande novidade do Programa Proálcool é o uso de álcool hidratado, etanol com um percentual de água (7%), como combustível alternativo à gasolina.

atingir o pico de 95,8% das vendas totais de automóveis no mercado interno (ANFAVEA, 2010b).

Contudo, os posteriores contrachocos do petróleo (1986) reduziram, radicalmente, os preços do barril de petróleo, aumentando a incerteza e ameaçando o projeto de substituição dos combustíveis fósseis. Em 1989, com os problemas fiscais do país, o crescimento da produção nacional de petróleo e a elevação dos preços internacionais do açúcar, houve um período de estagnação dos investimentos no programa. Somou-se a isso a manutenção nos níveis de produção de álcool, que não conseguiu acompanhar a crescente demanda dos automóveis a álcool, e a entressafra do período, o que acabou por gerar uma crise de abastecimento e a consequente perda de legitimidade da tecnologia junto aos consumidores.

Apesar desse revés, que fez com que o programa fosse deixado de lado, a implementação do Proálcool possibilitou a estruturação da cadeia agroindustrial sucroalcooleira, produziu toda uma rede de abastecimento e distribuição de álcool combustível e estimulou o desenvolvimento de tecnologias e competências vinculadas ao motor veicular a álcool. Entre elas destacam-se o desenvolvimento da primeira injeção eletrônica para motores a álcool e componentes importantes para que as peças dos veículos pudessem resistir à agressividade do álcool hidratado e propiciar uma combustão adequada para diferentes características físico-químicas (FERREIRA, 2009).

A análise da produção social do automóvel a álcool, face à dinâmica de desenvolvimento do mercado automotivo, revela a influência exercida por grupos de interesse específicos na produção de políticas públicas que acabam por determinar processos de mudança tecnológica, com o setor sucroalcooleiro operando como um importante articulador do Proálcool (BARCELOS, 2015). A articulação dos interesses dos empresários do setor com os projetos de soberania energética dos militares foi fundamental para execução do programa. Percebe-se, com isso, a atuação bem-sucedida de uma rede, suficientemente complexa, de diferentes atores (gestores públicos, usineiros, montadoras, fornecedores de autopeças, usuários) voltados para implementação da inovação e para alteração nas formas de regulação do mercado automotivo, a partir de um problema específico.

Outro aspecto importante a ser ressaltado é o papel central que o automóvel continuou ocupando no ideal desenvolvimentista moderno nacional. Recém-saído do

“Milagre Econômico Brasileiro” (1968-1973), em meio ao II PND (1975-1979), o governo militar de Ernesto Geisel concebeu um programa de energia alternativa ao petróleo, capaz de atender à crescente demanda, não de veículos de carga e transporte público, uma vez que esses eram movidos a diesel⁴⁶, mas dos automóveis particulares, responsáveis por uma importante fatia da produção total de veículos em território nacional (Gráfico 5.1).

5.1.3 Um arranjo conflituoso

O movimento de expansão do mercado automotivo foi acompanhado não apenas por novos consumidores, mas também por um importante crescimento da classe trabalhadora do setor que, ao fim dos anos 1970, passava a reclamar por melhores condições de trabalho e melhores salários, mas também lutava por uma maior participação nos processos decisórios do país (RODRIGUES, 1997). Era o início do chamado Novo Sindicalismo que se concentrava nos trabalhadores das montadoras do ABC paulista e associava a luta sindical à luta por direitos sociais e políticos.

Aqui cabe ressaltar a formação de um arranjo específico de intermediação de interesses, marcado por poucas e poderosas organizações. No caso da representação dos interesses das empresas, mesmo as novas montadoras, posteriormente integradas ao parque industrial nacional, como o caso da Fiat em 1973, eram associadas a uma entidade criada em 1956 como a principal representante e defensora dos interesses dos produtores: a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Do lado dos trabalhadores do setor, grande parte dos principais sindicatos (Sindicato dos Metalúrgicos de São Bernardo do Campo, de Diadema e de Santo André, que depois viriam a se unificar no Sindicato dos Metalúrgicos do ABC) atuavam sob o marco da Central Única dos Trabalhadores (CUT), criada em 1983, e buscavam consolidar-se como uma força política combativa e relevante. Soma-se a isto um governo militar autoritário, com um forte viés intervencionista e obtém-se um padrão conflituoso de disputa por interesses.

⁴⁶ Cabe destacar que a época de concepção do Proálcool, o programa abrangia outras alternativas energéticas, como a mandioca para a produção de álcool, ou o biodiesel. Porém, estas foram preteridas em função de ideias predominantes voltadas para o desenvolvimento da indústria brasileira. Por sua capacidade de mobilização, acesso privilegiado aos tomadores de decisões, e por apresentar um parque industrial relativamente consolidado, o setor sucroalcooleiro prevaleceu como opção política mais relevante (BARCELOS, 2015).

Além disso, a década de 1980 foi marcada por um novo período de recessão do setor, fruto da crise fiscal do Estado e dos limites da estratégia protecionista (GARCIA, 2009). Foi um período de instabilidade e conflito entre os representantes trabalhistas, representantes patronais e o Estado. Os primeiros estavam interessados em afirmar o papel político dos sindicatos no processo de transição democrática e na defesa dos direitos dos trabalhadores, as empresas estavam incomodadas com a estagnação econômica e com nível de ingerência do Estado, no setor, e o governo se sentia pressionado pela instabilidade política e econômica (BRESCIANI, 1997). Foi também um período em que as montadoras ao redor do mundo começaram a aderir a novos padrões de gerenciamento das fábricas, motivadas pelo sucesso dos padrões de qualidade japoneses, e introduziram processos de automação que apontavam para uma reestruturação do setor em direção ao paradigma da produção enxuta (FERRO, 1992).

Porém, foi só na década de 1990, com a reordenação do arranjo institucional e a abertura do mercado promovida pelo governo Collor, que ocorreu uma reestruturação tecnológica e organizacional do setor. Nesse movimento de abertura à concorrência externa, foram alteradas as regulações no mercado de forma a reduzir as políticas de proteção, de controle de preços, de investimentos públicos e de restrição a novos entrantes. Para se ter uma ideia da intensidade desta abertura, a redução nas alíquotas de importação de veículos foi de 85%, em 1990, para 34,3%, em 1993. No âmbito do MERCOSUL as tarifas de importação foram zeradas para veículos e para autopeças (GARCIA, 2009).

5.2. ABERTURA E INTERNACIONALIZAÇÃO

Foi nesse contexto de abertura de fronteiras comerciais e intensificação do comércio internacional que o conceito de inovação começou a ganhar maior destaque e relevância, tanto na esfera política (EDLER; FAGERBERG, 2017), quanto na produção acadêmica (FAGERBERG, 2013). No mercado automotivo nacional, a entrada de novos modelos estrangeiros tornou evidente a defasagem tecnológica dos automóveis brasileiros, principalmente em termos de design e sistemas eletrônicos embarcados (FERRO, 1992), o que alimentou ainda mais o acirrado debate sobre desenvolvimento tecnológico, inovações e políticas protecionistas.

Apesar da entrada destas novidades, o primeiro momento da abertura do mercado automotivo foi marcado por uma forte tendência de queda nas vendas internas, provocada pela aceleração no reajuste dos preços e pelas restrições de financiamento em longo prazo. Isso motivou as entidades representantes de interesses e o governo federal, após longo período de conflito, a darem início a processos de entendimento que culminaram com dois Acordos Automotivos (1992 e 1993) e no conjunto de estímulos à produção de veículos populares (BEDÊ, 1997).

Os referidos acordos - realizados no interior da Câmara Setorial da Indústria Automotiva, constituída por representantes empresariais, governamentais e sindicais - resultaram na redução dos preços dos automóveis leves, na manutenção do nível de emprego e na correção mensal dos salários pela inflação integral. Esta redução nos preços foi possível graças à redução das alíquotas de IPI e ICMS e das margens de lucro, em todos os pontos da cadeia produtiva (BEDÊ, 1997).

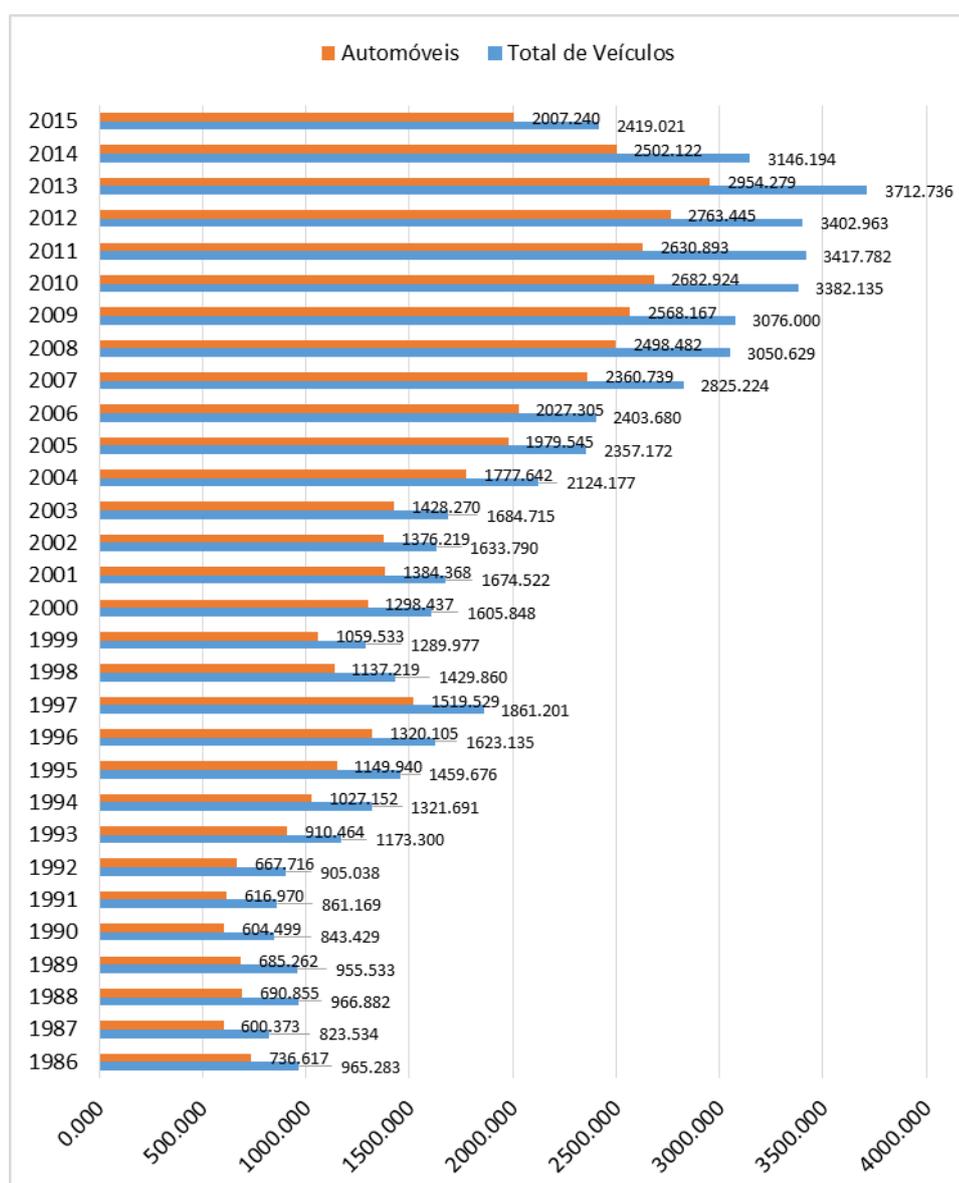
Esses acordos, juntamente com a estabilização da economia e o estímulo do crédito ao consumidor, tornaram viável a redução nos preços dos automóveis, principalmente nos modelos mais simples de até 1000 cc - os chamados carros populares⁴⁷ - e possibilitaram a retomada das vendas e da produção no setor (GARCIA, 2009), como pode ser observado no Gráfico 5.2.

O processo de abertura deu origem a uma nova configuração no mercado automotivo, com o surgimento de novas empresas, novas regras e novos entendimentos compartilhados. Estas novidades, em grande parte deveram-se à mudança na estratégia governamental em relação à indústria automotiva nacional, que teve suas origens nas políticas governamentais de atração, nacionalização e proteção dessas empresas, mas que, naquele momento, passaram a ser expostas à concorrência e às referências produtivas, tecnológicas e organizacionais internacionais. Esta nova orientação federal, em conjunto com as estratégias de internacionalização das montadoras globais e com a série de incentivos fiscais proporcionados pelos governos subnacionais, promoveu, ao longo do final da década de 1990, um novo ciclo de investimento estrangeiro direto. Motivado pela instituição do novo Regime Automotivo (1995), programa de investimento e exportação do governo que

⁴⁷ O Decreto nº 799 de 1993, assinado pelo então presidente Itamar Franco, reduziu para 0,1% a alíquota que incidia sobre o IPI dos veículos populares. Entretanto, a definição dos veículos populares e as contrapartidas das montadoras foram acordadas por meio de protocolos de intenção formalizados diretamente com as quatro grandes montadoras no país, VW, Ford, Fiat e GM (BEDÊ, 1997).

implementou um regime especial de importação de autopeças, bens de capital e insumos para as empresas do setor, esse novo ciclo de investimentos traduziu-se em projetos de reestruturação das unidades industriais já existentes, fusão de empresas de autopeças nacionais e estrangeiras e a instalação de novas fábricas, de produção enxuta, em regiões distintas do ABC paulista (GARCIA, 2009).

Gráfico 5.2– Evolução da produção de automóveis e autoveículos no Brasil (1980-2015).



Fonte: Composição a partir de ANFAVEA (2019).

Foi um período de intensas transformações no mercado automotivo, principalmente no âmbito produtivo, pois entraram em pauta novas questões como terceirização,

flexibilização da jornada de trabalho, manufatura celular, autonomização da produção, inovações contínuas, participação nos resultados e deslocamento geográfico das unidades fabris. Trata-se também de um período no qual se consolidou uma nova forma de negociação dos interesses entre empresas e trabalhadores. Menos combativa que as estratégias dos anos de 1980, esse movimento iniciado pelos trabalhadores pode ser considerado uma nova maneira de buscar discutir, no bojo das transformações vinculadas à reestruturação produtiva, uma saída negociada para os dilemas que se apresentavam no âmbito destas transformações (RODRIGUES, 1997). Esse é caso das notórias Câmaras Regionais, espaços regionais de debate, criados com o escopo de buscar influenciar nos processos de transformação e reestruturação dos territórios fabris.

O referido período de investimentos estrangeiros foi um momento em que, em meio às guerras fiscais entre estados e municípios, as montadoras obtiveram importantes vantagens junto ao poder público e gozaram de grande poder de barganha face aos trabalhadores e administradores públicos regionais (ARBIX, 2000). Os chamados *green-fields*, territórios com ausência de tradição sindical, com infraestrutura de apoio, mão de obra qualificada relativamente barata e, principalmente, incentivos fiscais, foram os principais destinos para os investimentos das montadoras nesse período. Apesar dessa assimetria na relação, diversos estudos (RAMALHO; SANTANA, 2006; GARCIA, 2009; RAMALHO; RODRIGUES, 2013) demonstraram a capacidade de organização e mobilização dos atores locais, em situações específicas, no sentido de interferir na política industrial e promover atividades de colaboração entre atores públicos e privados nessas regiões-industriais.

5.2.1 Uma nova configuração do mercado automotivo

Os novos polos automobilísticos produziram uma reordenação espacial da produção de autoveículos. Segundo a ANFAVEA, em 1990, mais de 98% da produção era realizada nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Em 2007, após a consolidação do ciclo de investimentos, esse percentual foi reduzido para 61%, e outros estados como Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás e Rio de Janeiro respondiam pelo restante da produção. Outra mudança importante, nesse período, foi a relação com os fornecedores, pois as novas plantas tenderam a estabelecer relações cooperativas com poucos fornecedores globais, o

que produziu reduzidas possibilidades de inserção das empresas locais nos níveis tecnológicos mais relevantes da cadeia produtiva. Como bem mostra Garcia (2009), estas possibilidades variavam de região para região, dependendo da capacidade de organização dos agentes locais e das estratégias das montadoras. Além disso, novos sindicatos, em regiões produtivas com diferentes tradições sindicais e estratégias políticas tornaram a articulação de interesses diversos uma tarefa cada vez mais complicada para as entidades de classe.

Novamente, pode-se perceber uma reconfiguração no mercado automotivo nacional. Novas plantas industriais foram instaladas em novas regiões, ampliações e reestruturações foram realizadas em unidades existentes no ABC paulista e em Minas Gerais, e novas montadoras - Honda, Kia, Mitsubishi, Renault e Peugeot - que apenas importavam para o mercado nacional, passaram a produzir internamente (GARCIA, 2009). Esta nova conformação também pode ser lida por intermédio da perspectiva do mercado como uma construção político-cultural. As estratégias de investimento e internacionalização das montadoras face à abertura de novas oportunidades, as mudanças nas regras de importação e proteção como uma maneira de expor o mercado doméstico às tendências internacionais do setor e a entrada de novos concorrentes, fazem sentido como estratégias de atores no interior de um espaço de relações de disputas regulado.

Aqui, porém, mais que o estabelecimento e a formação do mercado, a partir da nacionalização da produção, percebe-se a reformulação radical desse espaço de relações, baseada na introdução de novos processos produtivos e gerenciais, possibilitada pela mudança nas convenções e regras, como a abertura à concorrência internacional, os novos regimes de importação de bens de capital e autopeças. O papel desempenhado pelo Estado, neste processo, apesar do protagonismo das empresas na introdução de novos processos e tecnologias, é essencial, pois foi ele que, ao alterar as regras da competição, sinalizou a abertura para a mudança tecnológica a partir do exterior. Contudo, essa reformulação não dependeu exclusivamente da ação das montadoras estrangeiras e das políticas do Governo Federal. Outros atores importantes, como as entidades representantes dos interesses dos trabalhadores, as administrações públicas subnacionais e as organizações da sociedade civil buscaram se articular, em alguns contextos, visando influenciar nos rumos destas transformações estabelecendo, assim, novos padrões de participação e mecanismos institucionais.

A articulação dos atores locais, nesses contextos de transformações produtivas ou novos investimentos das montadoras, pode ser entendida como a formação de redes sociopolíticas voltadas à participação nesses processos decisórios. Isto é, as redes de atores locais heterogêneos procuraram se articular para formularem alternativas em relação ao processo de mudança tecnológica, buscando: melhorar as condições de inserção na cadeia produtiva e no desenvolvimento de inovações; contestar práticas gerenciais voltadas, exclusivamente, para a expansão do volume produzido e a redução do custo do produto, sem o desenvolvimento de atividades intelectuais e criativas; e produzir novos espaços de negociação. Contudo, como bem demonstram os estudos de Garcia (2009) Ramalho e Santana (2006), as probabilidades de êxito destas iniciativas, face às estratégias das montadoras, dependem de diversos fatores como os níveis de recursos econômicos e sociais das empresas locais, o grau de atividade e densidade das instituições locais e a capacidade de articulação, mobilização e interlocução destas instituições.

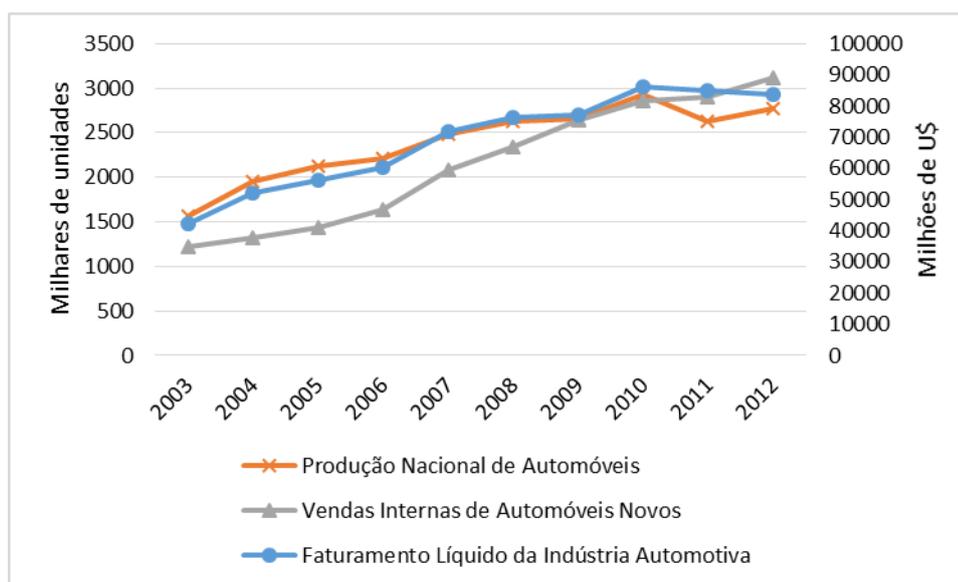
Este período de reestruturação do setor foi marcado por uma significativa elevação nos investimentos das montadoras e por certa instabilidade na produção, como mostra o Gráfico 5.2. Esta instabilidade, na virada do século, está ligada à forte dependência do setor em relação ao mercado interno e à conjuntura macroeconômica do período (altas taxas de juro, escassez linhas de crédito e baixo crescimento do PIB). Por outro lado, foi neste período que as montadoras começaram a colocar em prática suas estratégias de internacionalização, por meio das plataformas recentemente instaladas e voltadas para diferentes mercados estrangeiros, o que possibilitou um expressivo aumento nas exportações e um saldo positivo na balança comercial do setor, neste início de século. Importantes acordos comerciais, como os realizados com o Mercosul, México e Chile, foram fundamentais para consolidar as exportações brasileiras.

Nessa nova configuração do mercado automotivo nacional, relativamente integrado ao mercado internacional, o papel destinado inicialmente ao Brasil, pelas montadoras, foi o de fabricante de veículos compactos, mais baratos e populares, próprios para mercados emergentes. Nas palavras da Vice-presidente da ANFAVEA, de 2006, Elisabeth de Carvalhaes: “Pelo perfil do consumidor brasileiro sabíamos que nossa vocação era produzir carros

compactos. Com o desaquecimento da economia mundial percebemos que isso não era um problema, mas sim uma grande oportunidade⁴⁸ (ANFAVEA, p. 50, 2006).

A partir de 2003, o mercado automotivo iniciou um novo ciclo de expansão, que durou cerca de 10 anos. Nesse período, intensificou-se a produção nacional de automóveis, o faturamento das empresas do setor e as vendas de automóveis no mercado interno (Gráfico 5.3). Foi nessa fase que o país se tornou o sexto maior produtor de autoveículos e o quinto maior mercado consumidor. Impulsionado pelos recentes investimentos tecnológicos e pelo aquecimento da economia nacional, cresceu tanto a exportação quanto a importação de autoveículos, inclusive, com a primeira mantendo-se superior à segunda até 2007 (ANFAVEA, 2010a).

Gráfico 5.3 – Desempenho do mercado de automóveis no Brasil (2003-2012).



Fonte: Elaborado a partir de ANFAVEA (2006; 2010a; 2019).

5.2.2 O motor *flex fuel* e a crise internacional

Foi também nesse período que começaram a ser produzidos, em larga escala, no Brasil, os primeiros automóveis *flex fuel* movidos por motor de combustão interna que tem a capacidade de operar com mais de um tipo de combustível (etanol ou gasolina), misturados

⁴⁸ O percentual de automóveis de 1000 cc vendidos no mercado interno chegou próximo a 70% do total em 2001, porém, esta participação foi reduzindo gradualmente nos anos seguintes. Em 2016 atingiu a marca de 33%, indicando uma importante mudança no perfil do consumidor brasileiro (ANFAVEA, 2019).

no mesmo tanque e queimados, simultaneamente, na câmara de combustão. Herdeira direta do Proálcool, esta tecnologia encontrava-se em desenvolvimento desde a década de 1990⁴⁹, quando se buscaram soluções para as eventuais crises de abastecimento. Com base no conjunto de conhecimentos e experiências adquiridos pela engenharia brasileira, no período anterior, a tecnologia *flex* tornou possível que o usuário escolhesse o combustível que considerasse mais vantajoso, por intermédio de uma modificação no módulo de controle eletrônico do motor. Esta modificação consistiu na utilização de uma sonda instalada no escapamento dos gases do motor como uma das fontes de informação que regulam a relação ar/combustível e permitem o abastecimento com ambos os combustíveis (ANFAVEA, 2010b).

Em 2003, os consumidores começaram a ter acesso à tecnologia e, em apenas cinco anos, o motor *flex* assumiu mais de 85% de participação nas vendas domésticas de novos veículos (ANFAVEA, 2007). Contribuíram para isso as melhorias realizadas no sistema de injeção eletrônica, no sistema de partida a frio, no melhor desempenho dos motores e na existência prévia de uma rede de postos de abastecimento de etanol. Com a tecnologia *flex fuel*, foram superadas as questões do fornecimento de etanol e a baixa legitimidade da tecnologia, que atuavam como um mecanismo bloqueio ao automóvel a álcool. Inclusive, países que importavam automóveis para o Brasil, passaram a disponibilizar a tecnologia em seus catálogos. Isso fez com que o etanol se consolidasse enquanto fonte alternativa de energia veicular, não apenas pela questão da autonomia energética nacional, mas também pela questão das emissões de gases poluentes.

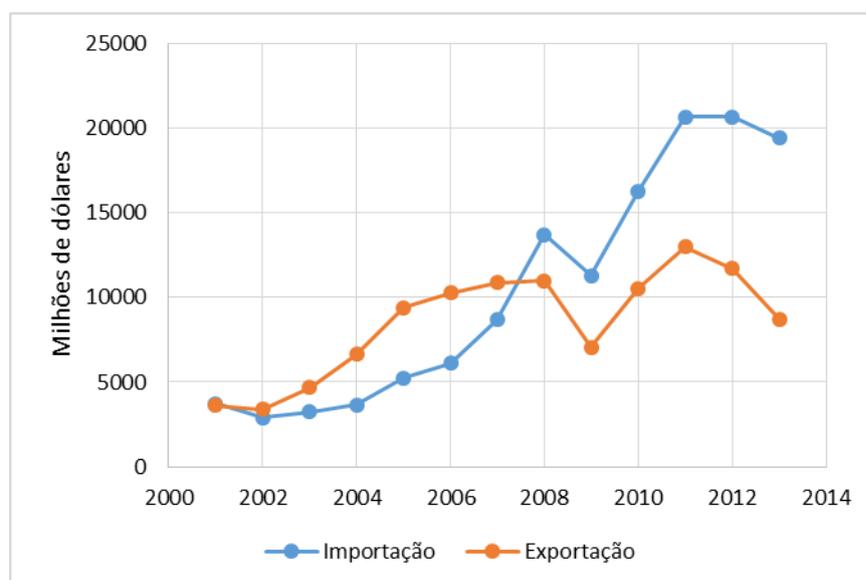
No ano de 2008, com a ocorrência da crise financeira internacional, o Governo Federal tomou uma série de medidas para assegurar o crescimento econômico através do aumento da produção e do consumo. Entre estas medidas anticíclicas destacaram-se a redução dos juros, a expansão ao crédito, os programas de incentivo à aquisição de ônibus e caminhões e a redução da alíquota do IPI sobre o setor automotivo, a qual foi confirmada pela Medida Provisória nº 451 e regulamentada no Decreto de nº 6.687/08. Para os veículos de até 1000 cc, a alíquota, que era de 7% desde 2004, foi zerada até dezembro de 2009, quando se iniciou um aumento gradual da alíquota até seu valor original. Cabe referir que a

⁴⁹ Em 1992 a Bosch chegou a produzir um protótipo do sistema *flex*, instalado em um Chevrolet Omega, que serviu de base para os desdobramentos seguintes da tecnologia. Este sistema contava com um sensor de reconhecimento de combustível importado, que tornava-o muito mais caro que o sistema convencional. Conforme <http://www.invencoesbrasileiras.com.br/flex-fuel/>. Acesso em 28/05/2019.

alíquota do IPI para os automóveis importados acompanhou a alíquota dos automóveis nacionais.

Apesar da crise internacional, esse conjunto de medidas possibilitou a manutenção da dinâmica de expansão do mercado. Tanto a produção nacional, quanto as vendas internas seguiram sua expansão até 2010. A esta altura, o país contava com 14 empresas fabricantes de automóveis e comerciais leves, 20 fábricas distribuídas em 8 Estados, uma frota de 32.065 mil autoveículos e uma taxa de 6,7 habitantes por veículo. Estes números expressam um importante crescimento no período, comparados aos valores de 2001 (20.093 mil veículos e 8,6 habitantes por veículo). Contudo, esse período pós-crise foi marcado pela estagnação das exportações e pelo aumento gradual da importação de automóveis (Gráfico 5.4), o que fez com que a produção nacional encolhesse sua participação no mercado interno.

Gráfico 5.4 – Balança comercial das empresas de autoveículos associadas à Anfavea (2001-2013).



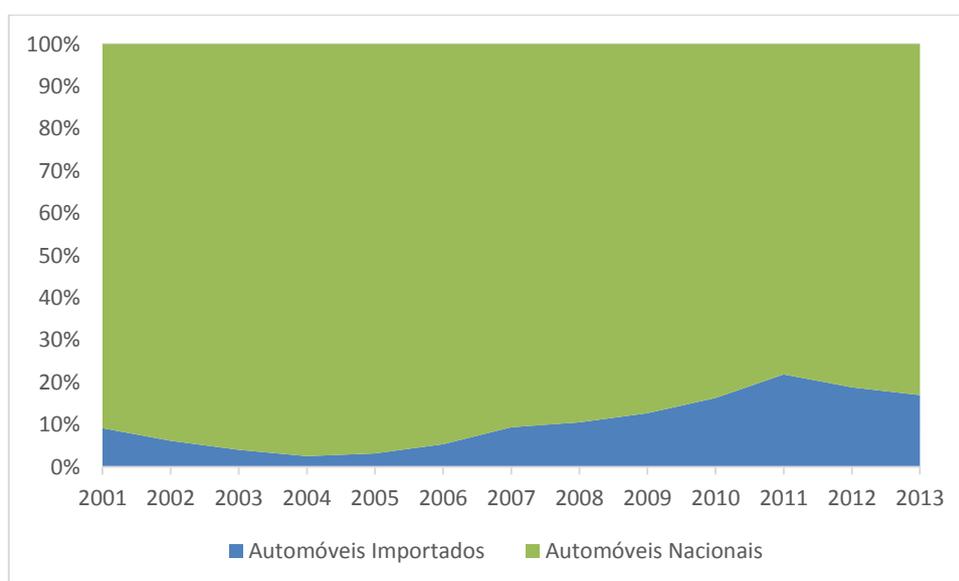
Fonte: Elaborado a partir de ANFAVEA (2014).

5.3. RETOMADA DA PROTEÇÃO E ESTÍMULOS À INOVAÇÃO

Segundo dados da ANFAVEA (2014), as vendas de automóveis importados cresceram cerca de 30%, em 2011, alcançando uma participação de 21% nas vendas internas (Gráfico 5.5). Frente a esse assédio da indústria internacional, no final de 2011, o Governo Federal

alterou, significativamente, as alíquotas do IPI, aumentando em até 30 pontos percentuais, o valor do IPI para automóveis importados de países com os quais o Brasil não tivesse acordo comercial (LUCINDA; PEREIRA, 2017). Para os veículos importados de até mil cilindros cúbicos, o IPI, que tinha voltado ao patamar de 7%, subiu para 37%. No caso das montadoras com unidades fabris no Brasil, suas importações não teriam o IPI majorado caso observassem os seguintes critérios: (1) os fabricantes deveriam reverter 0,5% da receita bruta das vendas em atividades de desenvolvimento tecnológico no território brasileiro; e (2) montadoras que fizessem investimentos em tecnologia, fazendo uso de, pelo menos 65% de componentes regionais do Brasil, estariam isentas do aumento.

Gráfico 5.5 – Percentual de automóveis nacionais e importados licenciados por ano (2001-2013).



Fonte: Elaborado a partir de ANFAVEA (2014).

Com o claro objetivo de proteger a indústria nacional, fortalecer o setor de autopeças e estimular a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia no território nacional, esta política de majoração do IPI para importados, supostamente, deveria vigorar até o final de 2012. Porém, com a segunda desoneração do IPI e o lançamento da nova política setorial, o Inovar-Auto, esta estratégia governamental foi estendida.

Denominado pelo governo de Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores, o Inovar-Auto era um regime automotivo que buscava construir “condições para o aumento de competitividade no setor

automotivo, produzir veículos mais econômicos e seguros, investir na cadeia de fornecedores, na engenharia, na tecnologia industrial básica, na pesquisa e no desenvolvimento e capacitação de fornecedores” (BRASIL, 2012). Em vigor entre 2013 e 2017, tratava-se de um regime tributário que isentava as empresas habilitadas do aumento de 30 pontos na alíquota do IPI para automóveis importados. Para a habilitação no regime, as empresas deveriam realizar, no mínimo, 6 das 12 etapas fabris necessárias no Brasil em, pelo menos, 80% da produção. Não era mais o caso de exigência mínima de conteúdo local, mas de processos fabris realizados em território nacional. Além disso, era requerida a aplicação mínima de 0,5% da receita operacional bruta em engenharia, tecnologia industrial básica e capacitação dos fornecedores.

Criado pela Lei nº 12.715/2012, o intuito principal do regime não era apenas proteger a indústria nacional, mas impulsionar os processos produtivos e os investimentos em inovação e engenharia, a fim de elevar o patamar da produção nacional e obter automóveis melhores, mais eficientes, com menos emissão de carbono e a preços mais baixos. Isso ficou evidente com as metas de redução de gasto de combustível, vinculadas ao regime. Segundo o Decreto Presidencial nº 7.819/2012, que regulamentou o Inovar-Auto, a média dos veículos comercializados das empresas beneficiárias do regime, a partir de 2017, precisaria consumir 12,08% menos combustível do que no ano-base (2011). Automóveis que consumissem 15,46% a menos, em 2017, teriam direito ao abatimento de um 1% no IPI e, para aqueles que reduzissem em 18,84% seu consumo naquele ano, o abatimento do IPI seria de 2%. A meta do programa era atingir um consumo médio de 17,26 km/l com gasolina e 11,96 km/l com etanol (DA COSTA, 2017).

Elaborado com a participação das entidades representativas de interesses sindical e patronal⁵⁰, o programa se diferenciava das políticas industriais anteriores, pois colocava a inovação, pela primeira vez, como um objetivo central da política setorial automotiva (IBUSUKI et al., 2015). Isto é, pela primeira vez, o governo exigiu das empresas contrapartes

⁵⁰ Tanto a Anfavea quanto os sindicatos dos metalúrgicos participaram de debates com o Governo Federal sobre o programa e promoveram esferas de discussão da política. A Anfavea chegou a elaborar e sugerir outros programas complementares ao Inovar-Auto (Programa Nacional de Renovação de Frota para caminhões; Exportar-Auto, programa voltado para o estímulo das exportações; e Inovar-Tecnologias, programa voltado para a pesquisa e para o mercado de novas possibilidades de propulsão). O Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, principalmente, atuou em debates com o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio (MDIC) e promoveu seminários sobre o regimes, inclusive, defendendo a necessidade de um segundo Inova-Auto. Conforme http://www.smabc.org.br/smabc/materia.asp?id_CON=38405. Acesso em maio de 2019.

relacionadas não apenas a metas locais de produção, mas a metas de consumo e eficiência de combustível, bem como requisitos mínimos de investimentos em P&D. O programa foi uma estratégia elaborada pelo Governo Federal para alterar as regras do mercado, face ao constante aumento da importação e à entrada de novas montadoras asiáticas no mercado, de forma a proteger a produção nacional, garantir os níveis de emprego e estimular o desenvolvimento da economia. Como contrapartida, as montadoras deveriam investir no desenvolvimento de processos e produtos mais eficientes e seguros, fomentando o setor de autopeças e elevando o patamar tecnológico dos autoveículos nacionais, o que implicaria em incrementos na qualidade dos automóveis para os consumidores domésticos e na maior competitividade no mercado internacional.

Sob a ótica de análise proposta, o Inovar-Auto pode ser visto, nas formas de regulação formal do mercado, como uma mudança impulsionada por interesses diversos, cujo objetivo principal era proteger a produção nacional e estimular o desenvolvimento tecnológico do setor. Isto é, consistia numa alteração nas regras fiscais, a fim de defender as empresas estabelecidas, da ofensiva de novas empresas importadoras. Para evitar uma acomodação das montadoras, o Estado condicionou a redução da tributação à realização de processos produtivos no país e ao investimento em inovação e engenharia. Apesar da elevação no preço dos veículos importados, os consumidores seriam beneficiados pela produção de automóveis mais econômicos e seguros. Por seu turno, os trabalhadores, principalmente do setor de autopeças, seriam beneficiados com os investimentos em qualificação, treinamento e desenvolvimento de pesquisa e novos processos produtivos.

Apesar desses esforços, os anos que se seguiram a 2013 foram anos de declínio para o mercado automotivo nacional. O triênio 2014-2015-2016 foi marcado pela queda nos indicadores de produção nacional, no licenciamento de veículos novos, nos empregos do setor e no faturamento das empresas (ANFAVEA, 2019). Não por acaso, esse período coincidiu com a crise econômica na Argentina, maior importadora de veículos brasileiros, com a instabilidade política provocada pela instauração de um controverso golpe parlamentar e com a recessão da economia brasileira, o que afetou a oferta de linhas de crédito oficiais e a renda média *per capita*. Só no último ano do regime, 2017, estes indicadores voltaram a crescer.

5.3.1 Consequências do Inova-Auto

Embora o desempenho do mercado automotivo, no período, possa ser considerado fraco em termos de volume, o regime provocou mudanças tecnológicas importantes na produção de automóveis. Para atingir as metas estabelecidas, diversas montadoras investiram em tecnologias mais eficientes, como motores com turbo compressores, injeção direta e práticas de *downsizing* (utilização de motorização de menor capacidade volumétrica e uma menor quantidade de cilindros no motor para atingir índices de consumo mais eficientes). Estas mudanças estimularam o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBE-V)⁵¹, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e melhoraram os índices de consumo dos automóveis produzido no país, a ponto de modelos como o Peugeot 208 alcançarem índices similares aos veículos híbridos.

Segundo estudos realizados pela Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), houve uma melhora média de 15,4% na eficiência energética da frota nacional de veículos leves⁵². Ademais, a ameaça de tributação elevada sobre os importados atraiu uma série de investimentos em novas plataformas e unidades fabris no país. Marcas que até então apenas importavam automóveis - Chery, Hyundai - instalaram novas fábricas no Brasil. Novas plataformas, para modelos novos de montadoras já instaladas - Nissan, FCA, Audi, Honda, BMW, Jaguar Land Rover, Mercedes-Benz - também foram construídas no período.

Como política setorial voltada para o *upgrade* tecnológico e para a melhor eficiência energética dos veículos, o Inovar-Auto pode ser considerado um marco histórico. Porém, considerando a meta de fortalecer as capacidades locais de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, não é possível atribuir o mesmo sucesso à política, pois, mesmo com taxas mínimas de investimento, os esforços realizados pelas empresas se concentraram, principalmente, na adaptação local de componentes disponibilizados por intermédio de transferência de tecnologia oriunda das matrizes (IBUSUKI et al., 2015). Em outras palavras,

⁵¹ Lançado em 2008 como um programa de adesão voluntária, o programa de etiquetagem ganhou força com o Inovar-Auto e atualmente é obrigatório a todos os automóveis vendidos no país. Trata-se da realização de testes desempenho dos automóveis novos e de posterior etiquetagem conforme resultados, a etiqueta reúne dados úteis sobre consumo de combustível e emissões de gases para que consumidores possam comparar automóveis no momento da compra.

⁵² Conforme: <https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2017/12/27/inovar-auto-programa-de-dilma-deixou-carro-brasileiro-15-mais-eficiente.htm>, Acesso em 28/05/2019

como política voltada para o adensamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento de inovações no setor, o Inovar-Auto teria alcançado resultados modestos.

Outra importante limitação da política, vinculada a sua concepção protecionista e relativamente conservadora, foi a ausência de incentivos para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a combustíveis alternativos, como motores elétricos, híbridos, células de combustível e biocombustíveis. Este debate chegou a ser realizado no âmbito do programa, mas não houve consequências relevantes nesse sentido. Uma vez que o Inovar-Auto foi concebido pensando em metas de eficiência energética em geral, não houve nenhum efeito expressivo sobre a produção, venda ou desenvolvimento de pesquisas relacionadas a automóveis elétricos e híbridos. Em outras palavras, foi produzido um alinhamento parcial ao automóvel elétrico, pois a norma beneficiava a eficiência energética em geral. Com isso, as questões vinculadas à transição energética, à eletrificação da mobilidade e às novas vanguardas tecnológicas ficaram suspensas, à espera de uma nova política setorial.

Em relação à mobilidade elétrica, em específico, alinhamento institucional mais relevante que ocorreu, no período, foi a isenção do Imposto de Importação (II), que era de 35%, para veículos a propulsão elétrica ou movidos a hidrogênio⁵³, e a redução de 0% a 7% para veículos híbridos, conforme o nível de eficiência energética⁵⁴. Outra política no sentido de facilitar a importação, não de veículos, mas de autopeças que poderiam ser utilizadas na montagem de elétricos, foi a redução do imposto de importação sobre autopeças sem produção nacional, equivalente, para 2% no interior do Regime de Autopeças Não Produzidas⁵⁵. Ambas as políticas estavam voltadas para a importação e não necessariamente para a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, como buscado pelo Inovar-Auto.

Já, no âmbito dos acordos internacionais, o Brasil - como signatário da Convenção das Nações Unidas para as Mudanças no Clima - assumiu, em 2015, o compromisso de reduzir em 43% suas emissões de gases de efeito estufa até 2030, tendo 2005 como ano-base, na Convenção das Partes ocorrida em Paris (COP 21). Este compromisso que pode atuar como um importante indutor para a transição energética dos veículos, uma vez que o setor de

⁵³ Cabe referir que a isenção de impostos de importação tende a privilegiar a difusão da inovação, mas atuar como um desincentivo ao desenvolvimento da tecnologia.

⁵⁴ Conforme Resoluções Camex nº 97/2015, 27/2016, publicadas no Diário Oficial da União.

⁵⁵ Conforme: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo/regime-de-autopecas-nao-produzidas>. Acesso em 30/05/2019.

transportes é responsável por uma parte considerável das emissões brasileiras, sendo, dentro do setor energético, o que mais emite gases de efeito estufa (FGV, 2017). Espera-se, com isso, que novos esforços sejam realizados para reduzir as emissões no setor de transportes, principalmente em relação aos limites legais e aos padrões tecnológicos exigidos pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).

Criado em 1986, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e instituído em 1993, pela Lei nº 8.723, o PROCONVE é um importante instrumento para a redução da contaminação atmosférica provocada por veículos automotores. Apesar das consideráveis evoluções no combate às emissões, ao longo dos últimos anos, em termos de limites definidos e de seu monitoramento, a regulação brasileira ainda é considerada branda em comparação com os padrões internacionais (CONSONI et al., 2018), o que torna tímido o estímulo ao desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias propulsora, uma vez que as metas atuais podem ser facilmente alcançadas por intermédio de melhoramentos incrementais no motor a combustão.

5.4. NOVAS INSTABILIDADES NO HORIZONTE

Com o fim do Inovar-Auto previsto para 2017, iniciaram-se as tratativas para a elaboração da nova política setorial. Conforme visto no Capítulo 4, novas tendências começaram a se consolidar e transformar o mercado automotivo internacional nesses últimos anos. Além da crescente eletrificação dos veículos, a diversificação da mobilidade por meio de sistemas de compartilhamento, os experimentos em condução autônoma e a expansão da conectividade se afirmaram como trajetórias prováveis e viáveis para o futuro da mobilidade. Parte destas tendências surgiu como resposta aos problemas de saúde pública, dos congestionamentos urbanos, do uso de energia e dos impactos ao ambiente, vinculados ao paradigma da mobilidade individual.

Segundo dados levantados pelo Ministério das Cidades sobre o Plano Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), a emissão de gases do efeito estufa (GEE) pelos brasileiros, relacionada ao combustível veicular, passou de 1,029 tCO₂e/hab, em 2010, para 1,26 tCO₂e/hab, em 2014; já, o percentual da população que leva uma hora ou mais em seu tempo habitual de deslocamento para o trabalho, nas 9 maiores regiões metropolitanas do

país, saltou de 11%, em 2004, para 17% em 2014 (BRASIL, 2016). Nesse mesmo período (2004-2014), a frota nacional de autoveículos cresceu mais de 88% e a taxa de habitantes por autoveículo passou de 8,2 para 4,9 (ANFAVEA, 2014; 2019).

O conjunto dessas questões, somado às novas tendências tecnológicas referidas e às pressões por parte da sociedade civil, contribuiu para a geração de uma série de instabilidades no mercado automotivo. Novas expectativas e demandas, voltadas para estas questões e tecnologias, engendraram oportunidades para a criação de novas políticas de inovação, para a entrada de novas empresas e possíveis reacomodações no interior do espaço de relações e disputas. Frente a estas iminentes mudanças, os principais atores do mercado automotivo nacional buscaram se organizar de forma a defender seus interesses e influenciar nos rumos e nos ritmos destas transformações.

5.4.1 Articulando o Rota 2030

Foi nesse contexto que tiveram início as discussões sobre o Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, política industrial para o setor automotivo. Concebido para ocupar o lugar deixado pelo Inovar-Auto, o Rota 2030 também se pretende um regime de aceleração tecnológica da indústria automotiva nacional, porém, sem o viés protecionista propiciado pelos 30 pontos percentuais adicionados ao IPI para veículos importados. Aliás, esse ponto do Inovar-Auto foi condenado pela Organização Mundial do Comércio (OMC), em agosto de 2018, após protestos junto ao órgão, feitos pela União Europeia e pelo Japão.

Ademais, o Rota 2030 se diferencia dos programas anteriores, porque: a) possui um período de vigência maior, 15 anos divididos em 3 ciclos quinquenais (2018-2022; 2023-2027; 2028-2032) com renovação da regulamentação a cada ciclo; b) instaurou regras básicas de melhoria de eficiência energética, etiquetagem e segurança veicular para todas as empresas que produzem ou importam carros no Brasil, sob a pena de pagarem multas sobre a receita das vendas caso não cumpram as metas, e com direito a benefícios fiscais caso as superem; c) manteve o benefício fiscal para as empresas que investirem em P&D, porém em caráter facultativo e sobre o Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e, em relação à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), os investimentos poderão ser realizados sob a forma de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação e programas prioritários de

apoio ao desenvolvimento industrial e tecnológico para o setor automotivo e sua cadeia; e d) previu a redução na alíquota de IPI para veículos elétricos e híbridos, conforme a eficiência energética e o peso dos automóveis prontos para rodar⁵⁶.

Marcado por uma série de discussões, atrasos e reviravoltas, finalmente, o programa foi regulamentado pelo Decreto nº 9.557, de 8 de novembro de 2018. Segundo informações levantadas junto a participantes dos grupos de discussões, parte do entrave ocorreu devido à questão dos incentivos fiscais para aqueles que cumprissem as metas de eficiência energética e proteção veicular e realizassem investimentos em P&D, com o Ministério da Fazenda assumindo uma posição pouco inclinada ao benefício e o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) favorável à medida.

Engraçado, às vezes, porque é um governo que são vários governos. Você pega a situação dos blocos do acordo comercial [União Europeia - Mercosul] e ela está sendo puxado pela [pasta das] Relações Exteriores com o apoio da [pasta da] Fazenda. Você pega, o MDIC é contra, ou pelo menos pede que tenha reserva de mercado para os produtos industriais. Quando você olha para o Rota 2030, o MDIC é a favor, a Fazenda e o Planejamento, são contra. Então, o governo tem a iniciativa de discutir o programa, mas você vê que é a iniciativa de pastas, não é do governo como um todo (Diretor Executivo Sindicato Metalúrgicos ABC, São Paulo, 2017).

Apesar dos intensos debates e incertezas, embalados pelo clima de instabilidade política do Governo Temer, a instituição do programa foi vista de forma positiva pela ANFAVEA⁵⁷, que se ressentia de uma política setorial clara e previsível para a realização de suas estratégias industriais. Conforme mencionado, a ausência de uma perspectiva de longo prazo tendeu a aumentar a incerteza envolvida no processo de mudança tecnológica e atuar como um mecanismo de bloqueio à inovação.

As discussões sobre o programa levaram quase dois anos e contaram com a participação de diversos grupos e atores da sociedade civil, para além dos tradicionais representantes das montadoras, indústria de autopeças, trabalhadores e agências do

⁵⁶ No regime tarifário anterior os veículos elétricos pagavam uma alíquota de 25%, enquanto os híbridos eram taxados entre 7% e 25%, de acordo com a capacidade volumétrica do motor. O Decreto nº 9.442 de 5 de julho de 2018 reduziu estas alíquotas para faixas que vão de 9% a 20% para híbridos e 7% a 18% para elétricos.

Conforme: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9442.htm#anexo. Acesso em 29/05/2019.

⁵⁷ Vide entrevista do presidente da Anfavea Antonio Megale a revista Automotive Business <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/29055/industria-automotiva-toma-o-rumo-da-rota-2030> . Acesso em 29/05/2019

governo. Um dos motivos para esta heterogeneidade dos participantes foi a criação de um grupo de discussão sobre eletromobilidade, que não estava previsto originalmente. As discussões sobre o programa foram organizadas, inicialmente, em torno de 6 grupos temáticos de trabalho: 1. Cadeia produtiva/fornecedores; 2. P&D e Engenharia; 3. Eficiência energética; 4. Segurança veicular; 5. Eletrônica embarcada e indústria de baixo volume (carros *premium*); 6. Aspectos estruturais. No entanto, o desenrolar destas discussões geraram, naturalmente, a necessidade da criação de um grupo para tratar exclusivamente sobre o tema 7. Mobilidade elétrica. Essa necessidade ocorreu, em parte, devido à pressão de alguns participantes, mas também em função de um acordo de cooperação técnica que o MDIC firmou com o Ministério Alemão de Cooperação Econômica e para o Desenvolvimento (GIZ) através do PROMOB-e, programa de apoio à mobilidade elétrica para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Com isto, outros atores, além dos ministérios (Fazenda, MDIC, Minas e Energia, Ciência e Tecnologia), as agências de governo (ABDI, BNDES, INMETRO, EPE, ANEEL), as associações de empresas do setor automotivo (ANFAVEA, Sindipeças, Associação Brasileira da Indústria de Autopeças, a Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores, a Associação Brasileira das Empresas Importadoras e Fabricantes de Veículos Automotores), as entidades trabalhistas do setor (Sindicato dos Metalúrgicos de Sorocaba e Região e a Confederação Nacional dos Trabalhadores Metalúrgicos, SMABC, Dieese) participaram das discussões. Entre esses destacam-se a Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores⁵⁸ (ABRAVEi), a Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais (ABRABAT), a Associação Brasileira de Veículos Elétricos⁵⁹ (ABVE), a Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), a montadora chinesa de elétricos BYD, a montadora de ônibus elétricos Eletra, as empresas fornecedoras de componentes elétricos (WEG) e as empresas do setor elétrico Itaipu Binacional e CPFL Energia.

Esses novos atores, mais especificamente a ABVE e a ABRAVEi, atuaram como os referidos ativistas institucionais, isto é, como empreendedores ideológicos dos veículos

⁵⁸ Primeira associação de proprietários de veículos elétricos e híbridos *plug-in* do país, a ABRAVEi foi fundada em 2017 como uma associação voltada para a manutenção e troca de experiência entre usuários de VEs, mais recentemente passou a atuar na realização eventos, na promoção do veículo elétrico e na reivindicação de políticas públicas para a mobilidade elétrica.

⁵⁹ Fundada em 2006, a ABVE é uma associação privada sem fins lucrativos que atua na promoção do veículo elétrico através da organização do Congresso e Salão Latino Americano de Veículos Elétricos e do cadastramento das empresas do segmento dos VEs, a fim de formar uma rede integrada de parcerias de negócios entre as empresas.

elétricos. Estas associações procederam no sentido de assegurar a legitimidade dos veículos elétricos, assumindo riscos ao aderir à novidade tecnológica e promovendo sua utilidade e viabilidade em demonstrações públicas de funcionamento, como carreatas, encontros de elétricos e inauguração de eletropostos, mas também através de *lobby* privado, organização de feiras e eventos.

A ABRAVEi foi fundada através de um grupo de proprietários de veículos elétricos, no qual foram alinhados alguns objetivos. Inicialmente, um desses objetivos era a garantia, a manutenção do carro, por ser uma coisa nova a gente sabe que teria dificuldade lá na frente com as peças de reposição, após a garantia da montadora. Aí, a partir daí foram surgindo outras pautas, foi abrindo mais o leque. A gente entende, e entendeu que a ABRAVEi tem que abraçar outros segmentos, outros segmentos de popularização do veículo elétrico, na questão de ampliação ou implantação de infraestrutura para o carro elétrico no Brasil. A questão de subsídios de políticas públicas, de incentivo do uso elétrico. Palestras, junto à sociedade, para quebra do paradigma do carro, do uso do carro elétrico. Então, hoje a gente trabalha junto à sociedade, dando palestras nas universidades [...] trabalhamos também na questão de políticas públicas, onde nós fazemos parte de um grupo de trabalho do MDIC que está desenvolvendo a política do Rota 2030 (Presidente da ABRAVEi, São Paulo, 2017).

Embora os resultados do Rota 2030 sejam considerados tímidos, em termos de apoio à mobilidade elétrica e ao desenvolvimento de novas tecnologias nesse sentido – inclusive, há quem afirme que as mudanças nas alíquotas do IPI não beneficiarão de forma expressiva os automóveis elétricos e híbridos maiores, pois o cálculo da alíquota leva em conta a massa dos automóveis, que geralmente são mais pesados que os veículos convencionais em função das baterias⁶⁰ - a participação destas diversas entidades de representação, nos debates envolvendo o Rota 2030, aponta para a entrada de novos atores no mercado automotivo bem como para potenciais transformações. Isto é, apesar do reduzido poder de influência nas formas de regulação, percebe-se a presença de novas empresas e entidades atuando e disputando espaço no mercado automotivo.

Logo, o que se pode perceber, nesse momento de instabilidade, é a novidade tecnológica (novas formas de propulsão, conexão, utilização), atuando como um elemento de potencial desestabilização do mercado automotivo nacional. Há um dilema relacionado aos impactos dessas mudanças tecnológicas na economia nacional e à forma como o país vai se integrar a esse novo paradigma tecnológico produtivo. Um conjunto amplo e consistente

⁶⁰ Conforme: <https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2018/09/03/ficou-bom-novas-regras-para-ipi-nao-significam-carro-eletrico-mais-barato.htm>. Acesso em 29/05/2019.

de políticas que favorecesse claramente a transição para a eletrificação dos automóveis colocaria em jogo diversos interesses de atores consolidados no mercado, como os investimentos recentemente realizados em estruturas produtivas, as redes de fornecedores e manutenção consolidadas⁶¹, e os projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias alternativas de propulsão veicular (etanol). Por outro lado, o movimento de internacionalização do mercado, realizado na virada do século, dificulta a possibilidade de um isolamento tecnológico e ameaça a balança comercial do setor.

5.4.2 A aposta no híbrido *flex*

É nesse contexto que alguns atores do mercado nacional (montadoras, gestores públicos) apontam o etanol como o principal vetor para o desenvolvimento de veículos de baixa emissão e o automóvel híbrido *flex fuel*, equipado com um motor elétrico e outro a combustão interna, capaz de operar com gasolina e etanol, como uma alternativa intermediária para a eletrificação da mobilidade. Esta tecnologia foi recentemente desenvolvida pela montadora Toyota, que realizou testes com uma versão *flex* do modelo híbrido Toyota Prius, anunciando a produção, em escala comercial, para 2019⁶², no país do primeiro automóvel híbrido *flex* do mundo: o sedã de luxo Toyota Corolla. Outro indício desta aposta no etanol, como a rota tecnológica mais adequada para o país, pode ser vista na alteração do Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018, que reduziu em 2 pontos percentuais o as alíquotas do IPI sobre automóveis híbridos que possuam um motor combustível *flex*.

Em entrevista para a revista Automotive Business, Antonio Megale, presidente da ANFAVEA nos anos de 2016 a 2019, reafirma esta importância do papel desempenhado pelo etanol e pela tecnologia *flex fuel* na visão das montadoras nacionais.

Eu queria lembrar que tem algumas peculiaridades aqui no Brasil que os outros países não sabem fazer. A questão do biocombustível, por exemplo, isso é um patrimônio brasileiro. A utilização do etanol, do veículo *flex*, isso foi desenvolvido

⁶¹ Uma das questões mais complicadas da transição para mobilidade elétrica para as empresas fornecedoras e os trabalhadores do setor, no caso dos VEBs, é o fato destes veículos possuírem muito menos autopeças na sua composição e exigirem menos manutenção (FGV, 2017).

⁶² Conforme: <https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2019/04/17/toyota-corolla-hibrido-flex-aparece-camuflado-em-sp-e-chega-em-outubro.htm>. Acesso em 31/05/2019

aqui, por engenheiros brasileiros, e esse tipo de patrimônio nós não podemos perder. Hoje nós temos boa parte do agronegócio que depende da produção da cana-de-açúcar. E a cana-de-açúcar, que produz o etanol a níveis extremamente competitivos, traz uma vantagem ambiental importante. Antônio Megale, em entrevista realizada em 20/03/2019⁶³.

Em recente estudo sobre governança e políticas públicas voltadas para veículos elétricos, o grupo de pesquisa LEVE – Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico, da Unicamp, no âmbito do PROMOB-e – ressalta o fato de que o direcionamento setorial da política pública nacional “acaba por reforçar a trajetória tecnológica dominante, pois não impõe desafios técnicos à indústria, influenciando apenas nas áreas já dominadas pelas empresas (inovações incrementais)” (CONSONI et al., 2018). Este tipo de conclusão, somado à trajetória tecnológica nacional, que tendeu a favorecer o etanol como combustível alternativo à gasolina, inicialmente por questões de segurança energética e, mais recentemente, em função da redução de emissões, tende a atuar como um mecanismo de bloqueio à transição tecnológica para a mobilidade elétrica e, principalmente, à difusão do automóvel totalmente elétrico.

Esse direcionamento a favor da trajetória tecnológica dominante fica mais claro quando observado o incipiente conjunto nacional de políticas voltadas à mobilidade elétrica. Em outras palavras, revela-se muito limitado o conjunto de regras formais instituídas pelo Estado para regulamentar o mercado automotivo nacional de forma a estimular o desenvolvimento, a produção, a comercialização e a difusão de veículos elétricos. Em geral, as políticas implementadas pelos países líderes em mobilidade elétrica vão desde a criação de instrumentos que estimulam a capacidade produtiva local (tais como metas de produção e medidas protetivas), passando por políticas de ciência e tecnologia, até instrumentos voltados ao consumo e ao desenvolvimento de infraestrutura. Entre estas, as mais comumente encontradas são: medidas que regulamentam as emissões ou estabelecem padrões mínimos de economia de combustível; incentivos financeiros, como a tributação diferenciada de veículos, com base na economia de combustível ou emissões de gases por quilômetro; e isenções de taxas de estacionamento e pedágios, bem como a possibilidade de acesso a locais restritos como faixas de ônibus ou zonas centrais de cidades (OECD/IEA, 2018).

⁶³ Conforme: <http://www.automotivebusiness.com.br/abtv/4/News/1295/webinar-o-rota-2030---com-antonio-megale-presidente-da-anfavea>. Acesso em 01/06/2019.

No caso do Brasil, destacam-se algumas políticas recentes de estímulo à produção e ao consumo de veículos elétricos (Quadro 4.1). Segundo o relatório produzido pelo LEVE, há, porém, um baixo nível de articulação entre as políticas brasileiras, com predomínio de ações exploratórias na área de ciência e tecnologia - que não se traduzem em produtos tangíveis para o mercado - instrumentos incipientes no fomento à produção, ausência de definições sobre padrões para a infraestrutura e poucos incentivos ao consumo de tecnologias de baixa emissão, com exceção do consumo de veículos pesados (ônibus elétricos), para cuja aquisição existem linhas de crédito específicas (CONSONI et al., 2018).

Quadro 5.1 – Políticas públicas brasileiras de incentivo aos veículos elétricos

Escopo da política	Regulação formal
Padrões de emissões	1986: Proconve – Fase L-6 para veículos leves (2014) e P-7 pesados (2012) 2008: Programa de Etiquetagem Veicular – Compulsório para todos veículos (2018)
Padrões de eficiência energética	2013-2017: Inovar-Auto – taxa média de melhora exigida de 12%, em MJ/km 2018-2022: Rota 2030 – taxa média de melhora exigida de 11%, em MJ/km
Incentivos de compra VEs	2015: Resolução da Camex nº 97 – isenção de imposto de importação de VEs 2016: Redução de imposto de importação para VEs para transporte de mercadorias 2018: Rota 2030 – redução na alíquota do IPI para VEs, conforme eficiência energética e massa. Entre 7% a 18% para elétricos e 9% a 20% para híbridos, menos 2% para híbridos <i>flex</i>
Uso de VEs e incentivos de circulação	2014: Isenção do IPVA para VE em sete estados (RS, MA, PI, CE, RN, PE, SE) 2014: Alíquota diferenciada (IPVA) em três estados (MS, SP, RJ)
Dispensas sobre restrições de acesso	2015: Isenção de rodízio em São Paulo 2016: Isenção de taxas de estacionamento e vagas exclusivas em Fortaleza

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONSONI et al. (2018).

A análise do Quadro 5.1 mostra que alguns instrumentos regulatórios, como padrões de emissões, de eficiência energética e benefícios fiscais na compra dos veículos, foram elaborados no âmbito do governo federal, alcançando abrangência nacional. Já os incentivos de circulação, licenciamento, imposto sobre a propriedade de veículos automotores (IPVA), e dispensa sobre restrições de acesso, são decididos nos níveis locais. Todavia, estas regulações e incentivos à mobilidade elétrica, além de recentes, são considerados tímidos em comparação com as iniciativas mais abrangentes dos países líderes (Capítulo 4).

Principalmente se abalizadas as metas do Rota 2030 – um regime de 15 anos e principal política industrial do setor – com os anúncios de banir as vendas de veículos a combustão interna em diversos países nos próximos anos (Quadro 5.2).

Quadro 5.2 – Países que anunciaram o banimento nas vendas ou registros de veículos movidos a motor de combustão interna (ICE) para os próximos anos.



Fonte: OECD/IEA, 2018.

Sobre esse ponto, convém ressaltar que o conteúdo das políticas descritas não aponta para o banimento do motor a combustão, pelo contrário, o conjunto de incentivos é voltado para uma melhora generalizada na eficiência energética dos motores, com melhores padrões de emissão de poluentes e benefícios fiscais a veículos elétricos, inclusos os híbridos que possuem motor de combustão interna, e benefícios maiores àqueles híbridos capazes de utilizar etanol. Isto é, uma política que prioriza a eficiência energética e a redução nas emissões, porém sem apoiar a tecnologia do motor elétrico em específico. Esta estratégia pode ser constada na fala da diretora do Departamento das Indústrias para Mobilidade e Logística do MDIC, Margarete Gandini: “A visão do governo é que temos de caminhar para uma matriz cada vez mais limpa de transportes com uma convivência com essas diferentes tecnologias”, em uma audiência realizada, em 04/07/2018, na Comissão de Transportes da Câmara dos Deputados para a discussão de incentivos aos carros elétricos e híbridos⁶⁴.

Logo, trata-se de um posicionamento relativamente amplo e pouco ambicioso do governo federal, em comparação com as referidas pretensões de banimento da tecnologia. É um posicionamento que aponta uma direção, mas não se compromete, de maneira firme e

⁶⁴ Conforme: <https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/TRANSPORTE-E-TRANSITO/559935-GOVERNO-PREVE-REDUCAO-DO-IPi-PARA-CARROS-ELETRICOS-E-HIBRIDOS.html>. Acesso em 03/06/2019.

convicta, com a transição para nenhuma tecnologia específica, o que acaba favorecendo um comportamento ambíguo das empresas, principalmente as montadoras, em relação às tecnologias de propulsão alternativa, uma vez que podem caminhar na direção indicada com inovações incrementais nos motores a combustão, ou com novos investimentos em etanol como combustível.

Soma-se a isto, a publicação da nova Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, com vigência prevista a partir de 2020, que busca reduzir as emissões de GEE e contribuir para o cumprimento dos compromissos do país no âmbito do Acordo de Paris, por intermédio da expansão dos biocombustíveis na matriz energética nacional. A referida política reforça a trajetória do etanol como combustível alternativo às fontes fósseis, ao promover a expansão da produção dos biocombustíveis através da definição de metas compulsórias anuais de redução de emissão de GEE para os distribuidores de combustíveis, ao longo de 10 anos. O objetivo destas metas é expandir a produção, garantir a regularidade no abastecimento do biocombustível e gerar certa previsibilidade para o mercado de combustíveis. O que acaba por fortalecer o setor sucroalcooleiro⁶⁵ e a rota tecnológica do motor a combustão *flex*.

A já referida ausência de uma regulação clara e específica para os automóveis elétricos se encontra em consonância com a oferta restrita de modelos elétricos à disposição no mercado nacional. Os referidos modelos (Quadro 5.3) são todos importados e alguns deles ainda não estão à venda, mas foram anunciados pelas montadoras para 2019, no 30º Salão do Automóvel. Outro aspecto que chama a atenção no Quadro 5.3 são os valores dos automóveis, bem distantes do valor médio do automóvel mais vendido no país em 2018, o *flex fuel* Chevrolet Onix, cuja versão mais completa sai por R\$ 65.625, segundo a estimativa da tabela Fipe⁶⁶. Isto é, entre as 16 montadoras de automóveis com fábricas no país, não há nenhuma que, atualmente, produza automóveis elétricos em escala comercial. O único anúncio nesse sentido foi realizado pela Toyota para a montagem do Corolla híbrido *flex* num futuro próximo. Além disso, a maioria dos modelos disponíveis para importação (com exceção do Renault Zoe, Nissan Leaf, Chevrolet Bolt) são modelos de luxo, utilitários esportivos de alta performance, distantes dos populares *hatchs* médios nacionais.

⁶⁵ Uma das principais entidades interessadas e atuantes na promulgação do RenovaBio foi a União da Indústria de Cana de Açúcar (ÚNICA).

⁶⁶ Conforme <http://veiculos.fipe.org.br/>. Acesso em 03/06/2019.

Quadro 5.3 – Oferta de automóveis híbridos e elétricos no mercado nacional.

Tecnologia	Marca e Modelo	Preço anunciado (R\$)	Consumo (km/l)		Autonomia (km)
			Cidade	Estrada	
Híbrido (VEH + VEHP)	Toyota Prius	125.450	18,9	17	-
	Lexus CT 200h	135.750	15,7	14,2	-
	Lexus LS 500h	219.990	12,6	11,1	-
	Ford Fusion Titanium Hybrid	164.900	16,8	15,1	-
	Porsche Cayenne S-Hybrid	420.000	12,1	12,2	-
	Porsche Panamera E-Hybrid	1.200.000	-	-	-
	Volvo XC90 T8 Hybrid	479.950	16,4	18,9	-
	BMW i8	799.950	11,3	13,6	-
	Mini Countryman VEHP	199.990	12,6	12,5	-
Elétrico (VEB)	BMW i3	205.000	-	-	335
	Renault Zoe	149.000	-	-	300
	Jack IEV40	153.500	-	-	300
	Chevrolet Bolt	175.000	-	-	383
	Nissan Leaf	178.400	-	-	389
	Jaguar I-Pace	437.000	-	-	470
	Tesla S	750.000	-	-	390
	Tesla Model 3	325.000	-	-	530

Fonte: Elaborado pelo autor com base em informações dos fabricantes e nas tabelas de consumo do PBE-V⁶⁷.

Esses dados reforçam a tese de que não há, no Brasil, de parte das montadoras, uma inserção coordenada e direcionada à promoção e à difusão de automóveis elétricos. Antes, percebe-se uma estratégia de inserção pontual, principalmente de modelos destinados à população de renda elevada, e uma tendência a privilegiar os automóveis híbridos, tendo em vista a possibilidade de explorar e desenvolver modelos *flex fuel*. Bem diferente da situação dos veículos elétricos pesados (ônibus e caminhões) no país, que apresentam níveis de investimento e concertação muito maiores que os veículos leves, inclusive com montadoras (Volvo, Eletra, BYD) e fornecedoras de autopeças (WEG, Moura) produzindo ônibus elétricos e híbridos em território nacional (CONSONI et al., 2018). Esse segmento, sim, parece gozar de uma maior confiança no seu potencial de crescimento, o que tende a atuar como um importante mecanismo de indução ao desenvolvimento de inovações.

⁶⁷ Conforme <http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>. Acesso em 03/06/2019.

5.5. ARRANJO DO MERCADO

Conforme foi visto nas seções anteriores, o mercado automotivo nacional configurou-se, desde suas origens, como um importante vetor para o desenvolvimento econômico e para a modernização do país. Para tanto, contou com um arranjo institucional em que a participação do Estado foi fundamental na elaboração de regulações voltadas para a atração de conhecimentos e produtores estrangeiros, na realização de investimentos em infraestrutura e indústrias de base e na formulação de regras que impulsionassem o consumo e popularizassem o automóvel nacional como símbolo desta modernidade. Já, nesse momento, os principais mecanismos de financiamento e atração de investimentos estrangeiros eram realizados através de recursos públicos, via BNDE, e por intermédio de medidas protetivas e garantias de mercado. Desta maneira, o mercado se configurou a partir da atração destas grandes empresas internacionais, interessadas em ampliar ou afirmar sua competitividade, cujo sucesso, em termos de instalação e produção nacional, estava ligado ao arranjo institucional desenvolvimentista.

Apesar de não significarem uma convergência total de interesses, com importantes divergências sobre o ritmo de entrada e o percentual de nacionalização da produção (SHAPIRO, 1997), a relação do governo federal com as montadoras foi marcada por um viés protecionista, de proximidade e estímulo ao desenvolvimento do setor. Este viés desenvolvimentista foi acentuado pela formação de um pequeno número de grandes associações de representação de interesses (ANFAVEA, Sindipeças), o que contribuiu para a consolidação de um padrão de intermediação indústria/governo corporativista, marcado por negociações com poucos interlocutores, orientadas pela formação de consensos. Um tipo de arranjo que tende a priorizar os interesses das empresas estabelecidas e beneficiar os regimes tecnológicos existentes em detrimento de possíveis desafiantes (MECKLING; NAHM, 2017).

Passado o período inicial de produção e consolidação do mercado, estabeleceu-se um padrão de governança corporativa que perdura até os dias de hoje. Grandes montadoras internacionais, controladas a partir de suas matrizes estrangeiras, passaram a dominar o mercado nacional de automóveis, com especial participação das chamadas “quatro grandes” - Chevrolet, Ford, Volkswagen e, posteriormente, Fiat - na produção de carros populares.

Após o período de abertura comercial, novas montadoras se integraram ao mercado nacional, porém, foi mantido o padrão de controle estrangeiro do capital das empresas aqui instaladas e as poucas montadoras nacionais de automóveis que havia fecharam as portas ou foram adquiridas por controladoras internacionais.

Esse tipo de dependência, relacionado a um controle externo, acabou por influenciar nas dinâmicas de desenvolvimento e na mudança tecnológica do mercado. Relativamente protegidas pelas políticas de governo e dependentes de definição financeira de centros de decisão executiva externos, as montadoras aqui instaladas passaram a utilizar, preponderantemente, projetos desenvolvidos no exterior que passam por adaptações para o mercado brasileiro. Isto ocorre desde o período formativo do mercado, passando pelos projetos de substituições de importações, até o período de abertura comercial, quando o arranjo institucional possibilitou um aumento da competição estimulou uma série de transformações tecnológicas incrementais e mudanças organizacionais. O regime Inovar-Auto é um exemplo recente desta transferência de tecnologia a partir de centros de pesquisa estrangeiros, neste caso, uma atualização tecnológica induzida por uma política desenvolvimentista de governo.

Por seu turno, esta lógica de adaptação da tecnologia desenvolvida nos centros de pesquisa exteriores restringe a pesquisa, o desenvolvimento de inovações e o registro de patentes de projetos locais (IBUSUKI et. al., 2017). No entanto, isso não impediu a formação de uma série de competências produtivas e avaliativas no Brasil, realizadas em centros de pesquisa, campos de provas e testes de resistência de materiais, além de uma engenharia automotiva considerada referência na América Latina. Uma importante exceção desta dinâmica de adaptação foi o desenvolvimento e o aprimoramento da tecnologia *flex fuel*, que teve, como precursor, o programa Proálcool e consolidou um conjunto de expertises, infraestruturas e entendimentos relacionados aos biocombustíveis (etanol) como fonte alternativa de energia veicular.

A aposta nesta rota tecnológica produziu uma importante interdependência entre o mercado automotivo nacional e o setor sucroalcooleiro que, historicamente, exerceu grande influência na produção de políticas públicas através de práticas neocorporativistas, como o Proálcool (BARCELOS, 2015), e está diretamente interessado na consolidação do etanol como combustível alternativo para a redução das emissões de poluentes de origem veicular. Além do elevado nível de articulação e representação política do grupo, a estrutura existente

de distribuição de etanol e a legitimidade conquistada com os motores *flex fuel* atuam no sentido de reduzir a incerteza vinculada a inovações menos radicais, voltadas para o uso de etanol e para a manutenção do motor a combustão interna, como o caso do automóvel elétrico híbrido *flex*.

5.5.1 Uma trajetória própria e um posicionamento vago

Esse tipo de interdependência de trajetória (COWAN; HULTEN, 1996) contribui para um posicionamento pouco claro do Estado brasileiro, em relação à transição tecnológica, pois, num momento de potencial instabilidade do mercado, mesmo atuando na produção de políticas e regulações voltadas para o aumento da eficiência energética e padrões de emissões mais rígidos, o Estado age sem se comprometer com nenhuma nova tecnologia de propulsão em específico. Um comportamento distinto do apresentado por países líderes em mobilidade elétrica (China, EUA, Japão), onde se encontram em vigência grandes conjuntos de políticas de incentivo aos automóveis elétricos, mais ou menos articuladas, nas áreas de infraestrutura, desenvolvimento de tecnologia, produção e consumo (CONSONI et al., 2018).

Esses grandes conjuntos de políticas são derivados de esforços de diversos atores engajados no processo de produção social do automóvel elétrico. No caso da China, um processo que contou com apoio robusto do Governo Central na implementação de políticas alinhadas à inovação e na atração de novas empresas detentoras de importantes competências para a produção de automóveis elétricos, nesse expressivo mercado. Nos EUA, com maior ênfase na Califórnia, o processo também foi favorecido pelo alinhamento promovido por uma precursora política de redução de emissões, baseada na ampla legitimidade da questão ambiental em alguns Estados, pela participação de atores com recursos e competências variadas e pela presença de interesses suficientes dissonantes para levar a cabo a proposta do automóvel elétrico.

Apesar da existência de algumas políticas de incentivo aos veículos elétricos, em âmbito nacional (Quadro 5.2) não há, entre elas, uma articulação consistente, capaz de apontar uma direção clara para a mudança tecnológica. Antes, percebe-se a carência de uma regulação complementar sobre aspectos centrais para o desenvolvimento da mobilidade elétrica, tais como a homologação e o registro de novos equipamentos e processos; os

padrões e as normas para a infraestrutura de recarga e ainda, o apoio a novos serviços e modelos de negócio, como a comercialização de energia elétrica para a recarga de veículos, e os sistemas de compartilhamento de automóveis (CONSONI et al., 2018). Além disso, grande parte da regulação e discussão existente sobre estas questões ocorre de maneira reativa, puxada por atores e iniciativas locais, como será visto no capítulo seguinte, o que torna alguns entendimentos compartilhados sobre o mercado, como noções de propriedade, tempo/forma de abastecimento e expectativas em relação à autonomia, sujeitos às noções vinculadas ao padrão privado de mobilidade via automóveis de combustão interna.

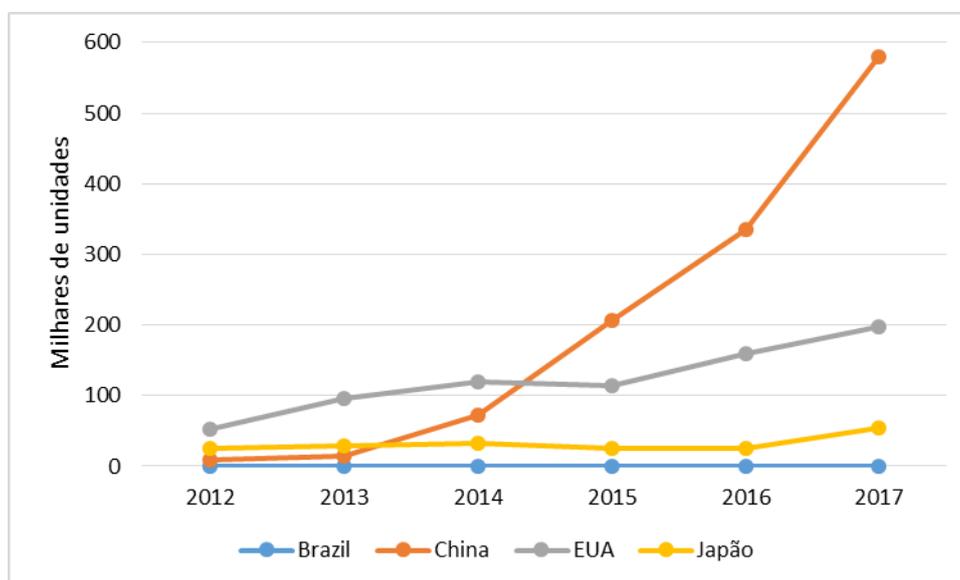
Diante deste posicionamento vago do Estado, das ameaças de possíveis novos desafiantes e dos recentes investimentos realizados em novas plataformas produtivas, a postura das montadoras consolidadas no mercado interno, em relação ao automóvel elétrico, pode ser considerada ambígua. Isto é, uma postura marcada por um comportamento conservador, sem envolver muitos riscos e esforços no sentido da mudança tecnológica, mas, por outro lado, disposta a marcar posição frente aos desafiantes e a explorar pequenos nichos de mercado. Essa postura pode ser traduzida em esparsos programas experimentais e, mais recentemente, na oferta de poucos modelos importados, em sua maioria híbridos de alta performance e com preços bem distantes de uma possível estratégia de massificação.

Entre as referidas iniciativas das montadoras destacam-se as parcerias realizadas pela Fiat e pela Renault, no âmbito do Programa Veículo Elétrico da Itaipu (será visto em detalhe no próximo capítulo) e os programas de utilização de táxis elétricos da Nissan, uma parceria estabelecida entre a montadora e as prefeituras das capitais do Rio de Janeiro e São Paulo. Neste programa, a montadora cedeu, em regime de comodato, automóveis do modelo Nissan Leaf para utilização nas frotas de táxis licenciados visando, basicamente, viabilizar a comercialização e a utilização do carro elétrico no mercado brasileiro. Segundo dados divulgados pela Nissan, após quatro anos de operação, a iniciativa envolveu 25 automóveis modelo Leaf, que rodaram mais de 2,2 milhões de quilômetros e reduziram a emissão de 340 toneladas CO₂ (FGV, 2017). Voltada a uma lógica de importação da tecnologia para o ambiente nacional, a iniciativa não envolveu o desenvolvimento de novas tecnologias, ou conhecimentos vinculados à inovação do automóvel elétrico. Tratou-se de uma parceria temporária realizada entre montadora e as administrações municipais, com a finalidade de

promoção do modelo de carro elétrico e de suas gestões, mas sem grandes consequências em termos de desenvolvimento e produção da tecnologia.

Desta forma, o arranjo institucional que suporta a configuração do mercado automotivo nacional promove a formação de um espaço de relações pouco favorável ao desenvolvimento e à difusão do automóvel elétrico. Neste espaço, as grandes empresas consolidadas são estrangeiras e concebem grande parte dos seus projetos de P&D em centros de pesquisa no exterior, de onde coordenam suas relações com o governo e negociam seus interesses, por intermédio de poucos e poderosas associações de representação, exercendo uma importante influência nas formas de regulação e nos entendimentos compartilhados. Neste mesmo *locus*, um desvio na trajetória do mercado acabou por favorecer uma rota tecnológica alternativa (etanol) e fomentar a formação de vantagens alternativas consolidadas e a organização de poderosos grupos de interesses vinculados ao setor agroexportador.

Gráfico 5.6 – Vendas de automóveis elétricos novos (VEB + VEHP) por países selecionados (2012-2017).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em OECD/IEA (2018).

Esse conjunto de fatores encontra-se em consonância com o fraco desempenho das vendas de automóveis elétricos no país – 3.600 automóveis elétricos em 2017 – principalmente quando comparado aos três maiores mercados mundiais de autoveículos (Gráfico 5.6). Tal desempenho não difere de certos mercados emergentes, como o México –

com 2.600 automóveis elétricos vendidos em 2017 – mas revela certa inércia em relação a outros, como a Índia, que alcançou a marca de 2 milhões de automóveis elétricos vendidos em 2017 (OECD/IEA, 2018). A referida inércia não determina o futuro da mobilidade elétrica no Brasil, mas restringe a possibilidade de o país atuar como uma vanguarda tecnológica nesta transição.

Em comparação com outros países, percebe-se que arranjo institucional do mercado automotivo brasileiro tende a obstaculizar a implementação do automóvel elétrico e a promoção de regulações mais favoráveis a essa inovação. Por exemplo, a mencionada relação corporativista entre a indústria automotiva e o governo federal, que, com raros momentos de dissenso, tendeu a proteger o mercado nacional, priorizar os interesses das empresas estabelecidas e beneficiar os regimes tecnológicos existentes, é descrita, também em países como a Alemanha, como um entrave ao automóvel elétrico (MECKLING; NAHM, 2017). Já, arranjos mais plurais e abertos, como o existente nos EUA, tenderiam a facilitar a atuação de redes de atores interessados na inovação e na alteração das regulações do mercado automotivo (Idem). O caso da China, apesar de apresentar um arranjo restrito de intermediação com as empresas, difere dos anteriores, pois o Estado se apresenta como o principal articulador dessa transição tecnológica (MAZZUCATO, 2015), atraindo empresas estrangeiras, incentivando as empresas nacionais e promovendo a realização de *joint-ventures*, com o claro objetivo de acabar com a dependência tecnológica das montadoras chinesas e fomentar um novo paradigma tecnológico.

Somado a isso, a aparente aposta brasileira em uma rota tecnológica alternativa (etanol) e o comportamento ambíguo das montadoras internacionais em relação à transição para a eletrificação dos automóveis de passeio no país, fazem do mercado automotivo nacional um espaço de disputas desafiador para atuação de redes voltadas para a promoção do automóvel elétrico.

6. REDES DE INOVAÇÃO NO BRASIL

Importantes iniciativas despontaram nos últimos anos em torno do automóvel elétrico, apesar do arranjo institucional pouco favorável do mercado brasileiro para a geração, difusão e uso dessa inovação. Tais iniciativas derivam, em geral, de projetos de pesquisa e de projetos pilotos, voltados para a exploração e demonstração tecnológica do automóvel elétrico, contribuindo para a elaboração de novos projetos comerciais. Trata-se de iniciativas pioneiras, puxadas por atores externos ou secundários ao mercado automotivo que articularam novas ideias, experiências e contatos, atuando com maior liberdade em relação ao mercado automotivo na promoção do automóvel elétrico e de novas formas de mobilidade.

Um dos principais resultados dessas iniciativas, além do aprendizado derivado do contato com estas novas tecnologias, é suscitar o debate sobre essas mudanças, suas implicações e potencialidades para a realidade socioeconômica do país, pois, ao buscar desenvolver competências e rodar experimentos em contextos reais, essas iniciativas pressionam a ordem social estabelecida, produzindo demandas por novas formas de regulação no mercado automotivo. Algumas, inclusive, tensionam a própria noção de mercado automotivo ao propor um padrão de mobilidade em que o automóvel é visto como um serviço a ser compartilhado e não como uma propriedade.

No entanto, como será visto adiante, a capacidade destas iniciativas para alcançar seus objetivos depende de alguns fatores relevantes na configuração das redes de inovação em sua relação com mercado. Entre esses fatores, ressalta-se: a presença de atores detentores de competências complementares na rede, como forma de garantir a robustez econômica-institucional, necessária para obter recursos, informações e espaço nas mesas de discussões; a complexidade de interesses, responsável por promover o tensionamento do estabelecido e apostar na novidade; e a articulação entre essas competências e interesses para superar os entraves à inovação, valer-se dos mecanismos de indução e promover alterações nas formas de regulação do mercado.

Antes de passar a análise das redes, cabe salientar que as iniciativas aqui abordadas não contemplam todas as experiências envolvendo automóvel elétrico no Brasil. Existem outras iniciativas de desenvolvimento e comercialização desta tecnologia sendo realizadas,

principalmente de veículos elétricos de baixa velocidade, como o caso das *startups* HITECH, Electric Dreams, Mobilis e JAD Motors. Porém, as experiências aqui analisadas foram escolhidas por se tratar de iniciativas relativamente consolidadas, diferentes em suas estratégias e objetivos específicos, mas que já apresentaram resultados significativos em sua execução. Algumas, como a Rede 1, são responsáveis pela montagem de mais de 90 automóveis elétricos e desenvolvimento de competências e tecnologias relacionadas à mobilidade elétrica, outras, como a Rede 2, desenvolveram e implementaram sistemas de compartilhamento de veículos elétricos e protótipos de uso urbano, já a Rede 3 produziu importantes estudos sobre os impactos da mobilidade elétrica no mercado e no sistema elétrico brasileiro.

A primeira experiência investigada desenvolveu-se a partir de um projeto de P&D da maior geradora de energia elétrica renovável do país, o Projeto Veículo Elétrico (VE) da Itaipu. Este primeiro projeto, que depois passou a se chamar Programa VE, deu origem a uma série de projetos sucessivos relacionados à tecnologia, que passaram a demandar a presença de novos atores e novas conexões para superar as dificuldades que surgiam a cada nova oportunidade. Com isso, configurou-se uma rede de atores heterogêneos envolvidos no desenvolvimento, montagem, teste, monitoramento, divulgação e utilização de diversos modais de veículos elétricos ao longo dos últimos anos. A rede logrou resultados importantes como o depósito de algumas patentes envolvendo baterias de sódio, o estímulo ao desenvolvimento de fornecedores, a homologação e o licenciamento de veículos elétricos e a participação nos debates sobre a elaboração da nova política para o setor automotivo.

A experiência seguinte também é originada de um projeto de P&D, mais focado na aplicação experimental do automóvel elétrico em um novo sistema de utilização compartilhada. Este primeiro piloto, implementado com apoio de verbas do Ministério de Ciência e Tecnologia, funcionou por cerca de 2 anos no Porto Digital⁶⁸ de Recife e contou com o apoio de uma empresa de tecnologia e mobilidade para sua operação. Após este período de testes, a ideia do sistema de compartilhamento e alguns dos integrantes da rede migraram para Fortaleza, a partir de um edital para a realização de uma parceria público-privada. Em um desdobramento mais recente, a rede voltou-se para o desenvolvimento e produção de um automóvel elétrico próprio, voltado especificamente para este tipo de

⁶⁸ Porto Digital é um parque tecnológico fundado em 2000 e localizado na cidade pernambucana de Recife, com atuação nas áreas de tecnologia da informação e comunicação e economia criativa

utilização compartilhada. Entre os principais resultados alcançados pela incitativa encontra-se a implementação, em nível local, de uma série de novas regulações voltadas para o uso dos elétricos, o debate sobre a redução da alíquota de importação de automóveis importados e a publicação da resolução que permite a circulação dos veículos elétricos compactos em vias urbanas.

A terceira rede também tem sua origem vinculada a um projeto de P&D. Articulada em torno do Projeto Emotive, um projeto inscrito no Programa P&D da ANEEL, esta rede voltou-se para a criação de um laboratório de mobilidade elétrica na Região Metropolitana de Campinas (SP). Centrada na figura da empresa CPFL Energia, a rede contou com a participação de diversas empresas e alguns institutos de pesquisa para a realização dos estudos sobre o comportamento dos automóveis elétricos e seus impactos nas redes de energia elétrica. Os resultados destes estudos contribuíram para a contestação de supostos bloqueios estruturais à difusão do automóvel elétrico e para a formulação da nova regulação da ANEEL sobre a realização de atividades de recarga de veículos elétricos.

As referidas redes de inovação foram sistematizadas com base nas entrevistas realizadas junto aos atores integrantes das iniciativas e nas informações coletadas no banco de dados secundários elaborado pelo autor. No total foram realizadas 22 entrevistas com representantes de: empresas de tecnologia, empresas de geração de energia, empresas de distribuição de energia, montadoras, *startups*, agências reguladoras, administrações municipais, parques tecnológicos, institutos de pesquisa, universidades e associações de promoção do veículo elétrico. As representações gráficas das redes foram realizadas com o auxílio de um *software* de análise e mapeamento de redes (*Graph Commons*) e levaram em consideração a natureza dos nós, os tipos de ligação, e a estruturas da rede. Conforme mencionado no Capítulo 3, o tamanho dos nós e a posição que estes ocupam na representação variam de acordo com o número de ligações que possuem, quanto maior o número de ligações do nó, maior a sua representação e mais central sua posição na rede.

6.1. REDE 1 – DESENVOLVENDO VEÍCULOS ELÉTRICOS, BATERIAS E COMPONENTES

Esta primeira rede de atores voltados para a implementação do automóvel elétrico, no contexto nacional, destaca-se por sua abrangência e por seu comportamento de

vanguarda em relação à mudança tecnológica. Originada de um acordo de cooperação técnica bilateral entre duas controladoras de usinas hidrelétricas, em 2006, a rede se expandiu constantemente ao longo dos anos seguintes ao integrar novos atores a novos projetos de pesquisa. No primeiro momento, a rede esteve voltada para a montagem de protótipos de veículos elétricos, desdobrando-se, posteriormente, para diferentes modais de transporte e para o fortalecimento da cadeia de fornecedores. Isso motivou a conexão com diferentes empresas e institutos de pesquisa em busca de soluções e desenvolvimento de novas tecnologias. Esse momento é marcado por um primeiro contato com tecnologia, pela adaptação, recombinação e incrementos de componentes e sistemas sob a forma de protótipos de veículos elétricos.

O momento seguinte da rede é caracterizado por uma alteração no escopo do Programa VE, que passa a buscar a aplicação e o monitoramento dos automóveis elétricos em contextos aproximados das condições reais de utilização. Com isso, foram estabelecidas novas conexões com novos atores, como administrações municipais, órgãos de governo e organizações não lucrativas voltadas para práticas sustentáveis, que promoveram um certo deslocamento da rede e que suscitaram novos desafios à inovação, principalmente na sua utilização.

Por fim, o Programa VE estende seu escopo à mobilidade elétrica, um conceito mais amplo do que veículo elétrico, passando a atuar no sentido da sua promoção e no desenvolvimento de tecnologias relacionadas. Esse desdobramento possibilitou uma atuação mais difusa da rede, com o estabelecimento de ligações com ministérios e agências de desenvolvimento para a promoção da mobilidade elétrica e para a elaboração de regulações de mercado favoráveis à inovação. Movimento que aponta para uma constante transformação e complexificação da rede conforme resultados são alcançados e novos desafios emergem, mas aponta também para suas limitações em relação à implementação do automóvel elétrico no contexto nacional.

6.1.1. O Programa Veículo Elétrico da Itaipu Binacional

Surgido a partir de estudos para aproveitamento de energia no interior da Itaipu Binacional, maior usina de geração hidrelétrica do país, o programa Veículo Elétrico nasceu

como um convênio de cooperação técnica com a Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), empresa suíça controladora de usinas hidrelétricas. Formalizado em maio de 2006, o acordo deu origem a uma série de pesquisas e estudos sobre o tema e tornou possível o desenvolvimento e montagem de protótipos de veículos elétricos, que tiveram como base tecnologias desenvolvidas pela própria KWO. Na época, a empresa suíça já utilizava veículos elétricos para o deslocamento de suas equipes de operação e manutenção, via túneis, em suas hidrelétricas, na região dos Alpes.

Figura 6.1 – Palio Weekend elétrico



Fonte: Divulgação Itaipu Binacional

Os primeiros protótipos montados nas instalações da Itaipu, contaram ainda com a participação da Fiat, que forneceu as carrocerias produzidas na fábrica de Betim (MG) e importou parte do *kit* elétrico (bateria, motor, transmissão) de fabricantes suíços. Montados a partir do modelo Palio Weekend (Figura 6.1), os automóveis possuíam autonomia aproximada de 100 quilômetros, podendo alcançar velocidade máxima de 110 km/h e um tempo de recarga médio de 8 horas. Neste primeiro momento, os automóveis montados no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Elétricos (CPDM-VE), eram

testados e integrados à frota da usina e de outras empresas e entidades parceiras da iniciativa, em 2013 circulavam cerca de 24 Palios Weekend em Itaipu e na cidade de Foz de Iguaçu. Nas etapas sucessivas, o programa passou a diversificar suas pesquisas e atuar na montagem de diversos outros protótipos de veículos elétricos, como ônibus, caminhões, utilitários, triciclos e até mesmo aviões.

A montagem destes veículos pelo programa teve como principal objetivo a aquisição de conhecimentos e competências a fim de elaborar soluções de mobilidade elétrica, técnica e economicamente viáveis e que pudessem minimizar o impacto ambiental das fontes não renováveis de energia. Neste percurso, o programa buscou também promover estudos de nacionalização dos componentes que integram os veículos elétricos e impulsionar o desenvolvimento da tecnologia e de novos processos junto aos fornecedores locais. Para tanto, o programa estabeleceu diversas parcerias com fabricantes de automóveis, fornecedores de componentes, institutos de pesquisa e empresas do setor energético, visando a estimular a pesquisas em áreas de conhecimento relacionadas ao veículo elétrico.

Estas parcerias foram firmadas por meio de acordos de cooperação e convênios voltados para o desenvolvimento de estudos e protótipos elétricos. Em geral, estes convênios envolveram diferentes parceiros, escopos e fontes de financiamento que, a partir dos seus resultados, deram origem a novos convênios. A parceria precursora formada com a Fiat e KWO, por exemplo, contou inicialmente com componentes importados, como a bateria de sódio e cloreto de níquel (Na/NiCl_2), para a montagem dos primeiros automóveis elétricos. Porém, ao longo do projeto foram realizados diversos esforços para a nacionalização da produção destes componentes. Uma das linhas de pesquisas mais promissoras do programa é o desenvolvimento nacional desta bateria de sódio para utilização em veículos elétricos e em sistemas inteligentes de armazenamento de energia. Devido às suas propriedades físico-químicas, composta principalmente de materiais abundantes na natureza, relativamente econômicos e mais facilmente recicláveis, a bateria de sódio destaca-se como uma possibilidade tecnológica interessante para o armazenamento de energia estacionária e veicular, principalmente em veículos de grande porte.

A bateria de sódio utilizada nos primeiros protótipos foi produzida na Suíça, pela Fiamm⁶⁹, empresa parceira do programa que veio a estabelecer novos convênios de pesquisa

⁶⁹ Conhecida como ZEBRA (Zero Emission Battery Research Activities), essa tecnologia de bateria era produzida pela fábrica suíça MES-DEA. Em 2010, a Fiamm (Fabbrica Italiana Accumulatori Motocarri

sobre sistemas inteligentes de armazenamento de energia e recarga rápida com a Itaipu e com a KWO nos anos seguintes. Parte destas pesquisas exploratórias sobre o tema da nacionalização das baterias de sódio foi realizada com apoio do Lactec, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, e testada nas redes de distribuição de energia das empresas Copel, Cemig, Light e CPFL. Em 2012, com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, foi estabelecido um novo convênio com a participação da Cepel, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobras e da empresa de consultoria tecnológica Battery Consult, que possibilitou o desenvolvimento nacional da bateria de sódio na Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), gestora do financiamento (ITAIPU, 2011).

Outros exemplos desses projetos são: o primeiro caminhão elétrico da América Latina, um Daily Iveco, montado em parceria com a Iveco, empresa do grupo Fiat, e lançado na versão elétrica em agosto de 2009; o primeiro micro-ônibus 100% elétrico do país, lançado junto a Iveco e a empresa de carrocerias Mascarello, em 2010; e o primeiro ônibus híbrido plug-in, movido a eletricidade e a etanol, cujos principais parceiros foram as empresas nacionais Mascarello, a fabricante de geradores e motores elétricos WEG, a fabricante de aparelho de ar condicionado para ônibus Euroar, a Eletra Industrial, responsável pela integração e montagem do ônibus, além das montadoras Tutto Trasporti, e as multinacionais Mitsubishi, que forneceu o motor a combustão híbrido, a Magnetti Marelli e a Fzsonick (Fiamm), fornecedoras de componentes elétricos. Este último ônibus foi apresentado durante a Cúpula de Presidentes do Mercosul, em Foz do Iguaçu, em dezembro de 2010.

Além de promover diversas pesquisas sobre o tema da mobilidade elétrica, este tipo de ligação atua como um mecanismo de indução à inovação ao estimular a entrada de novas empresas no mercado automotivo, como fornecedores de componentes para veículos elétricos. O que tende a reforçar a rede de inovação ao agregar novas competências e estimular novas relações entre os atores. Tais relações têm potencial para agregar informações não redundantes aos projetos (GERTLER, 2013), produzir novos conhecimentos, fornecer recursos e impulsionar o mercado em formação. Todavia, conforme mencionado

Montecchio) adquiriu a tecnologia e a planta industrial na Suíça e passou a produzir e vender a bateria de sódio com o nome comercial de Fzsonick.

Conforme: <http://www.batteryconsult.ch/Company%20.%20Competences.htm>. Acesso em 15/06/2019.

nos capítulos anteriores, esta dinâmica não ocorre de forma automática, pois depende de processos de negociação e agenciamento entre os atores da rede, mas também do arranjo institucional do mercado e de suas regulações.

Em alguns casos, como os projetos dos ônibus elétricos e híbridos a etanol, foram possíveis desdobramentos importantes para a indústria nacional a partir das conexões estabelecidas no projeto. Parceiras subsequentes entre Eletra, WEG e Baterias Moura viabilizaram a produção em escala comercial de ônibus elétricos em território nacional. Já a esperada nacionalização da produção de baterias e motores elétricos, em larga escala, para automóveis de passeio não obteve o mesmo sucesso. Ainda assim, a montagem de protótipos elétricos, como o Palio Weekend, foi importante para superar barreiras institucionais do mercado, gerar novos conhecimentos e auxiliar no processo de legitimação (ZIMMERMAN; ZEITZ, 2002) do automóvel elétrico como uma nova tecnologia.

Segundo o coordenador técnico do programa, uma das maiores dificuldades encontradas quando se decidiu rodar com o automóvel em vias públicas para analisar seu comportamento em condições reais de utilização foram os processos de homologação e registro do veículo. Antes de rodar com um modelo novo de veículo em vias públicas é necessário realizar um processo de homologação do veículo junto a órgãos reguladores como o INMETRO, o IBAMA e o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), órgão que regulamenta o cumprimento da legislação nacional do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Este processo envolve testes de colisão, de emissão de poluentes e de ruído, bem como a verificação de itens de identificação e segurança veicular para obtenção do Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito (CAT). Após isto, o veículo deve ser cadastrado na Base de Índice Nacional (BIN), para que possa ser registrado nos Departamentos de Trânsito Estaduais (DETRANS).

Estes processos legais encontravam-se alinhados com a tecnologia de propulsão veicular via motores de combustão interna, como demonstram a obrigatoriedade dos testes de emissão de poluentes e os itens observados para cadastro e registro (motorização, tipo de combustível e número de chassi). Itens inexistentes e processos impraticáveis no caso de automóveis elétricos movidos a bateria (VEB), como as unidades de Palio Weekend elétricos da Itaipu, que atuavam como entraves a utilização e difusão da inovação. Logo, foi necessária toda uma negociação entre os órgãos de registro e fiscalização veicular, a Itaipu Binacional e

a Fiat para alterar a regulação de forma possibilitar a homologação e a circulação do automóvel elétrico nas rodovias nacionais.

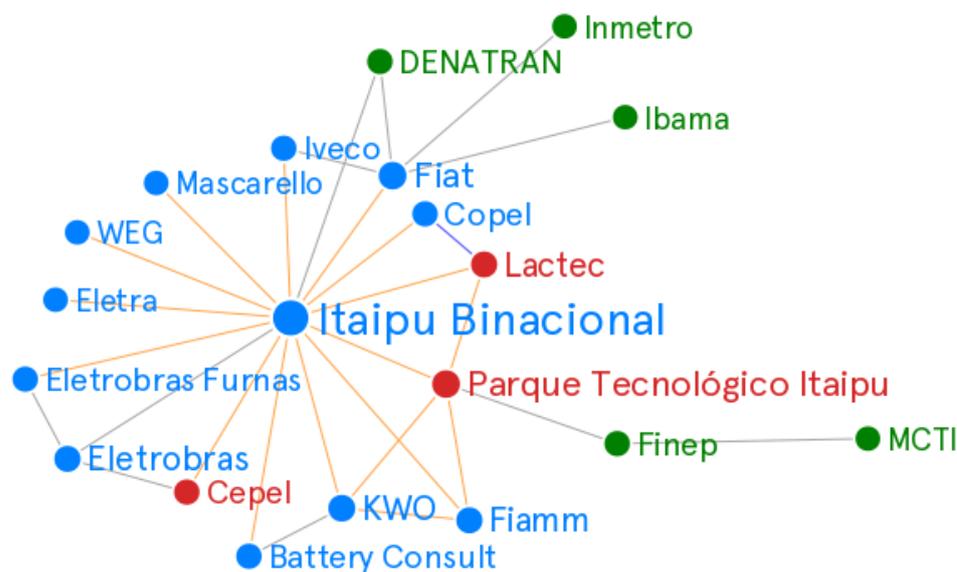
Desta maneira, o programa acabou por tensionar as normas e procedimentos regulatórios existentes, de forma a estimular o debate sobre mudanças necessárias na regulação e sobre a expansão dos bancos de dados e parâmetros destes órgãos, a fim de contemplar a novidade tecnológica. Este tipo de tensão provocada pelos integrantes da rede atua como promotor de mudanças nas regulações formais, como procedimentos de licenciamento e homologação de automóveis, isto é, atua no sentido de promover inovações institucionais fundamentais para a implementação da novidade tecnológica⁷⁰.

Outra contribuição relevante destes projetos é o trabalho de divulgação tecnológica realizado a partir dos veículos cedidos a órgãos governamentais e parceiros da Itaipu. Além de ceder protótipos para estes parceiros, o programa realizou diversas atividades de promoção dos veículos, como expedições de mais de 20 mil quilômetros pelas Américas a bordo de um dos automóveis elétricos, serviço de *test-drive* em automóveis elétricos para turistas em visita à usina de Itaipu, participação em eventos internacionais, como a Rio +20, e a concessão de automóveis elétricos junto a parques de proteção ambiental (Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e Parque Nacional do Iguaçu). Estas ações tiveram o claro objetivo de demonstrar a confiabilidade e a viabilidade da tecnologia (RAO, 2004), além de promover suas vantagens em termos de emissão de poluentes e geração de impactos ao ambiente.

Esta primeira fase do Programa, entre 2006 e 2013, é marcada por diversos esforços no sentido de desenvolver tecnologias, dominar áreas do conhecimento e estudar diferentes modais de transporte. Como pode ser visto na Figura 6.2, a rede de inovação centra-se na Itaipu Binacional como principal articulador das iniciativas. A empresa de geração de energia, em parceria com a KWO, atuou como um *hub* (BARABÁSI; ALBERT, 2006) onde se concentraram as conexões que deram origem às diversas pesquisas e projetos experimentais de montagem de protótipos elétricos.

⁷⁰ Atualmente, o referido Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) além de incluir os automóveis elétricos, informar a emissão de poluentes e classificar o veículo conforme o consumo energético, também converte o rendimento do motor elétrico em quilometragem por litro.

Figura 6.2 – Rede de Inovação do Programa Veículo Elétrico Itaipu Binacional



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Empresa	● (Azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (Vermelho)
Administração pública	● (Verde)
Ligações:	
Colaboração	— (Azul)
Burocrática	— (Vermelho)
Troca	— (Verde)

Apesar da realização destes projetos ocorrer, em sua grande maioria, no próprio CPDM-VE da Itaipu, com funcionários da empresa, as diversas ações coordenadas pelo programa só foram possíveis graças às competências e conhecimentos agregados via ligações colaborativas (UZZI; SPIRO, 2005).

É algo muito parecido com, como eu posso dizer, algo aparecido com *open innovation*, no qual a gente compartilha, divide custos e riscos, principalmente. Uma coisa que você não faria sozinho ou faria sozinho com um custo muito maior e cujo resultado não seria tão bom, a gente reúne esforços justamente com esse objetivo de dividir todos esses riscos e custos, e compartilhar os conhecimentos e os resultados dessa parceria. Obviamente, a gente respeita as questões de propriedade intelectual, conhecimentos prévios, essas questões todas que fazem parte do que envolve a troca de conhecimento (Coordenador de P&D do Veículo Elétrico – Engenheiro da Itaipu, Foz do Iguaçu, 2017).

Para cada projeto concebido, geralmente derivado de um anterior, estabeleciam-se parcerias com empresas e institutos de ciência e tecnologia (ICTs), a fim de viabilizar o desenvolvimento de novos protótipos e inovações. Por seu turno, essas relações envolviam

diferentes tipos de convênios e contrapartidas, algumas de natureza mais comercial, como consultorias tecnológicas ou compra de componentes, outras mais colaborativas e interdependentes, em que o aporte das empresas participantes não era necessariamente financeiro. Isto é, neste tipo de parceria as empresas colaboraram fornecendo equipamentos, serviços, expertise ou pessoal especializado.

Segundo as informações coletadas junto à Itaipu, uma das principais fontes de recurso para o programa provinha do próprio orçamento de P&D da empresa. Outra fonte de financiamento importante foi a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia financiou os projetos de desenvolvimento de uma nova bateria à base de sódio (R\$ 20,2 milhões) e o projeto do ônibus elétrico híbrido a etanol (R\$ 10 milhões). Estas fontes de financiamento, somadas à preponderância de empresas do setor energético na rede, apontam para o protagonismo das empresas de energia na realização destes projetos voltados para o desenvolvimento do automóvel elétrico. Isso não quer dizer que a participação da Fiat e das demais empresas do setor automotivo não tenham sido fundamental, mas ressalta a iniciativa e a centralidade das empresas do setor elétrico na realização e financiamento dos projetos. Configuração que será encontrada também na Rede 3 e ressalta a tendência do arranjo institucional do mercado automotivo, de beneficiar os regimes tecnológicos existentes.

A participação das montadoras é fortalecida na fase seguinte do programa, quando a Aliança Renault-Nissan assina um acordo para montagem de 32 veículos do modelo Renault Twizy no interior da Itaipu Binacional. O ultracompacto elétrico urbano, de 2 lugares, passou a ser montado em regime SKD pelo pessoal da Itaipu, com apoio de técnicos da montadora francesa. O objetivo desta parceria, segundo o coordenador do Programa VE, era promover estudos de nacionalização de componentes e auxiliar no desenvolvimento de possíveis fornecedores.

Alguns componentes passaram a ser produzidos aqui porque a gente criou a demanda. Por exemplo, aquele compressor de ar, só uma parte era feita aqui no Brasil, e a gente conseguiu criar uma demanda tal que eles iniciassem uma produção aqui. É, depois que você começou, aí eles começam a produzir para os outros, mas ele precisa ter um lote mínimo inicial. A Itaipu nem compra mais agora, porque ainda está com estoque. Mas se você cria uma demanda mínima inicial, ele consegue implantar esse negócio aí. E a partir daquele momento ele consegue dar continuidade (Coordenador de P&D do Veículo Elétrico – Engenheiro da Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu, 2017).

6.1.2. Curitiba Ecoelétrico

A partir de 2014 inicia-se uma nova fase do programa. Estimulado pela realização de novas parcerias e pela crescente expansão da frota de elétricos, o programa voltou-se para projetos de aplicação e monitoramento de veículos elétricos em grandes centros urbanos. Tendo por base as possibilidades de conectividade e gestão da informação, inauguradas pelas novas tecnologias da informação, foi lançado, no interior do Programa Veículo Elétrico, o Programa de Mobilidade Elétrica Inteligente (Mob-i). Uma iniciativa que buscou atuar na avaliação dos impactos e na divulgação da tecnologia, por intermédio da utilização de veículos elétricos nas frotas públicas das cidades de Curitiba (PR) e Brasília (DF).

Para tanto, o programa contou com um centro de controle de mobilidade instalado no interior do Parque Tecnológico Itaipu (PTI). O referido centro foi implementado em parceria com a empresa portuguesa especializada em monitoramento remoto de veículos, o Centro de Excelência e Inovação na Indústria Automobilística (CeiiA), a fim de monitorar, em tempo real, o deslocamento de veículos elétricos e gerar indicadores sobre o seu desempenho. A ideia destes projetos pilotos era produzir uma maior visibilidade para os automóveis elétricos e aproximar a tecnologia do cidadão comum. Não por acaso, as duas cidades escolhidas para a iniciativa foram cidades sede da Copa do Mundo de Futebol Masculino de 2014. Posteriormente, o programa foi ampliado para o interior da própria Itaipu.

No caso de Curitiba, cidade tradicionalmente conhecida como referência em termos de mobilidade urbana, a iniciativa partiu da própria administração municipal após uma visita ao Programa VE da Itaipu. Segundo o coordenador técnico do projeto Ecoelétrico, o intuito foi trazer, num primeiro momento, o veículo elétrico para a Prefeitura, isto é, elaborar um projeto em que a administração pública utilizasse automóveis elétricos nas suas demandas diárias, para, nas fases seguintes, disponibilizar os automóveis elétricos para a população e integrá-los aos outros modais de transporte. Com isso, o objetivo do projeto foi inserir gradualmente a tecnologia no contexto local, produzindo aprendizados e gerando visibilidade para o veículo elétrico, de forma a otimizar a gestão da frota municipal e estimular a mobilidade elétrica.

Voltado para a instalação de modais de transporte com baixo impacto ambiental, o projeto foi uma iniciativa da vice-prefeitura de Curitiba, a fim de promover a tecnologia e

contribuir com o cumprimento das recomendações do termo de compromisso para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Termo que foi assinado pelo prefeito, em 2014, durante a reunião do C40 (Cities Climate Leadership Group) em Joanesburgo. O C40 é um grupo criado em 2005, que reúne mais de 90 megacidades e corresponde a 25% do PIB global, com o objetivo de combater as mudanças climáticas e produzir ações urbanas locais que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e os riscos climáticos, de forma a contribuir com a saúde, o bem-estar e as oportunidades econômicas dos cidadãos⁷¹.

Este tipo de compromisso da administração pública em relação a redução na emissão de gases de efeito estufa é revelador de uma mudança nos valores considerados legítimos na ordem social, pelo menos em nível local, pois, reflete uma mudança nas expectativas e nos entendimentos compartilhados sobre o mercado automotivo. Critérios como eficiência energética e baixos níveis de emissão de poluentes passam a ser, gradualmente, valorizados, a ponto de serem estimulados e buscados nos veículos como sinal de práticas responsáveis. O que contribui para a expansão da legitimidade (ZIMMERMAN; ZEITZ, 2002) da tecnologia do automóvel elétrico.

Quadro 6.1 – Especificações técnicas dos veículos utilizados no Ecoelétrico.

Modelo	Potência do Motor (kW)	Nº de passageiros	Dimensões (m)	Peso (kg)	Autonomia informada (km)
Renault Twizy	13	2	1,45 x 1,24 x 2,34	445	80
Renault Zoe	65	4	1,56 x 1,95 x 4,08	1468	210
Renault Kangoo	44	2	1,80 x 1,83 x 4,21	1430	170
Micro-ônibus	120	16	-	8700	200

Fonte: Elaborado pelo autor com base em documentos produzidos pelo Programa VE.

Em operação entre 2014 e 2016, o projeto envolveu o uso de veículos elétricos nas frotas oficiais da administração municipal e a instalação de 10 estações de carga na cidade. Parte dos veículos, que não foram montados em Itaipu, foram cedidos à prefeitura de Curitiba através de um contrato de comodato com a Aliança Renault-Nissan. No total foram 10 automóveis da marca Renault (5 *hatches* Zoe, 3 utilitários Kangoo Z.E., 2 compactos urbanos Twizy) e 1 miniônibus elétrico, utilizados pela Secretaria Municipal de Trânsito, Guarda Municipal e Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade, conforme

⁷¹ Conforme: <https://www.c40.org/about>. Acesso em 18/06/2019.

Quadro 6.1. Todos os veículos e eletropostos eram monitorados por meio da plataforma desenvolvida em parceria com a CeiiA, o Mobi.me, aplicativo que fornecia em tempo real indicadores como CO₂ evitado, quilômetros rodados, energia consumida e número de viagens realizadas.

Nesta primeira fase do projeto (i), o objetivo era demonstrar e testar a utilização dos veículos elétricos na prestação de serviços de interesse público. Desta forma, os principais usuários dos veículos eram os funcionários municipais e alguns parceiros do projeto, como os Correios. As fases seguintes previam: (ii) um sistema de compartilhamento corporativo dos automóveis, a fim de otimizar a utilização da frota da prefeitura e de veículos destinados a serviços de interesse público; (iii) parcerias público-privadas para a implementação de um sistema amplo de compartilhamento público de veículos elétricos e desenvolvimento de eletropostos multifuncionais, com capacidade de agregar serviços de recarga, parquímetro, câmera de monitoramento e wi-fi institucional; e (iv) a integração deste sistema aos outros modais de transporte e serviços de mobilidade da cidade, como uma rede inteligente de mobilidade, inclusive integrada ao Plano Diretor de Mobilidade, o que ampliaria a oferta de serviços eletrônicos e permitiria a geração de uma fatura única de mobilidade. Contudo, apenas as duas primeiras fases foram realizadas.

A segunda fase do projeto Ecolétrico contou com a chegada de mais 2 miniônibus elétricos de 16 lugares, montados pela Itaipu, e 6 minicarros elétricos cedidos pelo Instituto Renault para projetos educativos. Os referidos ônibus foram montados com apoio das empresas nacionais Agralle e Mascarello, que forneceram, respectivamente, o chassi e a carroceria do veículo. As baterias foram feitas a partir da tecnologia sódio níquel desenvolvida na Itaipu e o motor elétrico que movimenta os ônibus foi adquirido junto à multinacional Siemens. Já os minicarros elétricos faziam parte da Escola Pública de Trânsito de Curitiba, cujo objetivo era proporcionar um espaço de educação para as crianças do ensino público municipal, voltado para a cidadania no trânsito, para a segurança e acessibilidade e para a sustentabilidade ambiental.

Desta forma, percebe-se que, nestas fases iniciais do Ecoelétrico, mais que buscar o desenvolvimento e a comercialização de novas tecnologias, o projeto voltou-se para a utilização e a difusão da inovação. Isso fica claro nos esforços de capacitação dos condutores dos veículos elétricos – necessários devido à questão da ausência de ruído e da recarga dos veículos – nas diversas campanhas publicitárias da prefeitura que incentivaram e

promoveram modais de transporte de baixa emissão de gases de efeito estufa e na mobilização oportuna de grandes eventos esportivos internacionais como vitrine para divulgação da tecnologia.

Logo, a rede de inovação do Ecoelétrico surgiu como um desdobramento do Programa VE, a partir da colaboração entre a Itaipu Binacional e a Prefeitura de Curitiba. A representação da rede de inovação (Figura 6.3) ressalta a centralidade destes principais atores na iniciativa. Sendo que a primeira era responsável por estabelecer as ligações com as empresas e institutos de pesquisa que detinham as competências e recursos necessários para produzir e monitorar os veículos elétricos, ao passo que a última centralizava as ligações voltadas para a instalação da infraestrutura necessária e utilização da tecnologia.

Figura 6.3 – Rede de Inovação do Ecoelétrico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Empresa	● (Azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (Vermelho)
Administração pública	● (Verde)
Organização não lucrativa	● (Laranja)
Ligações:	
Colaboração	— (Linha laranja)
Burocrática	— (Linha cinza)
Troca	— (Linha azul)

Ainda que a dimensão do projeto fosse pequena (13 veículos e 10 eletropostos), a experiência de Curitiba foi o primeiro projeto piloto de mobilidade elétrica de uma administração pública no Brasil, o que possibilitou a geração de importantes retornos para os

desenvolvedores da inovação e para os gestores públicos interessados na mobilidade elétrica. Em relação aos postos de recarga, foram identificados os primeiros problemas relativos à instabilidade da rede de abastecimento e à ausência de um marco regulatório adequado para a comercialização de energia neste tipo de situação. Já a questão do licenciamento, contou com uma nova dificuldade, o ultracompacto urbano Renault Twizy não se encaixava de forma apropriada em nenhuma categoria de veículo prevista pelo Código de Trânsito Brasileiro, o que impedia sua circulação em vias públicas. Posteriormente, isso foi alterado com a resolução nº 573 de 16 de dezembro de 2015, do Código Nacional de Trânsito (CONTRAN), ver seção seguinte. Por isso, nestas primeiras fases do Ecolétrico, os Twizys foram destinados a circular apenas no interior dos parques municipais para evitar problemas com os órgãos regulatórios.

Esta dificuldade imposta a circulação do veículo elétrico é representativa da ausência de uma regulação do mercado que contemplasse, naquele momento, o conceito de veículos destinados a mobilidade urbana. Isto é, veículos pequenos de baixa velocidade e grande eficiência energética, voltados exclusivamente para o deslocamento em vias urbanas. Uma alternativa que vem se consolidando como uma forma de atenuar o congestionamento e a poluição nos grandes centros urbanos, uma vez que são veículos concebidos para ocupar menos espaço, emitirem menos poluentes e, muitas vezes, serem compartilhados por diversos usuários, e que estava no horizonte de planejamento do projeto.

Outra contribuição importante da iniciativa foram as visitas realizadas pelos coordenadores do projeto ao Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio (MDIC), com o propósito de demonstrar os resultados da iniciativa e buscar maiores incentivos à tecnologia. Segundo relatos coletados com participantes do projeto, estes coordenadores atuaram também como ativistas institucionais do automóvel elétrico (RAO, 2004), ressaltando as vantagens de sua utilização e pressionando por incentivos fiscais junto a gestores públicos. Estes esforços, combinados com o de outros atores que serão apresentados a frente, contribuíram para a referida isenção do Imposto de Importação (II) para veículos elétricos a bateria (VEB) e para a redução da alíquota para híbridos, conforme a eficiência energética⁷².

⁷² Na época, o MDIC era uma das pastas que integravam a Câmara de Comércio Exterior (CAMEX).

Assim, a gente até no decorrer do projeto foi lá no MDIC, falamos, na época, com o ministro do MDIC, que era o Fernando Monteiro. Apresentamos para ele diretamente, na mesa dele, todos os benefícios que o Ecoelétrico trouxe no primeiro ano de operação. A gente conseguiu, na sequência, isentar a taxaço do veículo elétrico para importação, óbvio que não foi só a gente, foi uma grande soma de grupos que foram, não só a gente. Bom, o Brasil tem diversas iniciativas no tema (Coordenador Técnico do Ecoelétrico – Engenheiro Ambiental da Prefeitura de Curitiba, Curitiba, 2017).

Em sua concepção, o Projeto Ecoelétrico previa uma sequência de fases que expandiriam sua abrangência e poderiam produzir maiores estímulos à inovação, como a entrada sustentada de novas empresas para a rede e a geração de maiores retornos do mercado em formação para as empresas e gestores participantes (BERGEK; JACOBSSON, 2008). Inclusive, foram recebidas propostas de estudos para a implementação de um sistema de compartilhamento de veículos elétricos em Curitiba, no qual participaram empresas como a Serttel. Contudo, após a troca de gestão da prefeitura, em 2017, o projeto foi parcialmente encerrado e os veículos devolvidos. Esta interrupção repentina do projeto é reveladora do quanto uma visão governamental de curto prazo pode atuar no sentido de bloquear o desenvolvimento de uma inovação. Neste caso, uma interrupção provocada pelo fim de uma gestão na prefeitura, o que deixa as políticas de inovação sujeitas às oscilações de governo e acaba por reduzir a crença no crescimento sustentado da nova tecnologia.

Ainda assim, a experiência do Ecolétrico registrou números importantes durante sua operação, entre 2014 e 2016. Segundo os dados coletados e divulgados pela plataforma de controle Mobi.me, foi evitada a emissão de mais de 12 mil quilogramas de CO₂, foram percorridos mais de 97 mil quilômetros e realizadas 15.688 viagens⁷³ com os veículos elétricos. Além disso, o projeto serviu de vitrine e inspiração para outras administrações municipais que foram buscar em Curitiba dados e informações sobre mobilidade urbana elétrica.

6.1.3. Do veículo elétrico à mobilidade elétrica

Apesar da interrupção do projeto em Curitiba, o Programa Veículo Elétrico da Itaipu seguiu desenvolvendo tecnologias vinculadas ao automóvel elétrico e aplicando-as em

⁷³ Conforme: <http://www.ecoeletrico.curitiba.pr.gov.br/>. Acesso em 25/06/2019.

outros contextos. Além da parceria realizada em Brasília, com uma empresa de distribuição de energia, em moldes similares ao Ecoelétrico, o Programa implementou, em 2016, um Sistema de Compartilhamento Inteligente (SCI) de veículos elétricos no interior da própria usina de Itaipu. Embalada pela montagem dos próprios Renault Twizys (Figura 6.4) e pelas experiências realizadas em Curitiba e Brasília, a Itaipu integrou ao Mob-i um sistema de compartilhamento de automóveis elétricos interno, voltado para os funcionários da hidrelétrica e do Parque Tecnológico Itaipu (PTI).

Utilizando as competências de monitoramento e interface com os veículos desenvolvidas a partir dos convênios realizados com a CeiiA e a Renault, o Programa concebeu uma plataforma de compartilhamento própria, mais adequada às necessidades e à realidade do público atendido. Em função de limitações na cobertura de dados móveis (existência de pontos de sombreamento na área que seria abrangida pelo sistema) foi desenvolvido, em parceria com o PTI, o MoVe, uma plataforma redundante de monitoramento e compartilhamento que permite o acesso aos veículos através de um cartão de identificação e resolve o problema estrutural da conectividade. Este pode ser considerado um exemplo do de tipo desenvolvimento tecnológico local que a Itaipu pretendia estimular com o Programa VE.

Figura 6.4 – Linha de montagem dos Renault Twizys da Itaipu



Fonte: Divulgação Itaipu Binacional

Em 2017, o referido sistema contava com 14 Twizys, 5 pontos de mobilidade instalados no interior da Itaipu e PTI, cada ponto com 3 eletropostos, e cerca de 170 usuários cadastrados e habilitados. De acordo com informações divulgadas pelo PTI, neste mesmo ano foram realizadas 1.910 viagens a bordo dos Twizys e rodados mais de 17 mil quilômetros,

com um custo evitado de R\$ 6.602 para a Itaipu. Este tipo de sistema de gestão e monitoramento dos veículos possui implicações para além da mobilidade elétrica, pois possibilitam o levantamento de dados sobre a utilização da frota corporativa (incluindo os automóveis a combustão) e sua possível otimização.

Outro impulso ao Projeto foi a inauguração, no final de 2017, do novo Centro de Inovação em Mobilidade Elétrica Sustentável (CI-MES) e a chegada de mais 20 unidades da nova versão do modelo Renault Zoe, reforçando a parceria da Itaipu com a montadora francesa. Este novo espaço, instalado em frente ao Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Elétricos (CPDM-VE), conta com laboratórios, oficinas e ferramentaria, e representa uma alteração no foco no Programa, que passa a centralizar esforços, não mais na montagem de protótipos de veículos elétricos, mas na exploração de tecnologias associadas à mobilidade elétrica. Isso inclui a segunda geração da bateria de sódio com tecnologia nacional; sistemas de armazenamento de energia, com aplicação para áreas isoladas; e sistemas inteligentes de gestão de mobilidade⁷⁴.

Com isto, a meta de contribuir com o desenvolvimento da mobilidade elétrica sustentável e suas tecnologias passa mais claramente ao centro do programa. Assim, é reforçada a ideia de que a transição para a mobilidade elétrica e as oportunidades envolvidas, em termos de desenvolvimento de competências e novos conhecimentos, são estratégicas para a empresa e para a região. Logo, percebe-se que o interesse da Itaipu nessa transição está vinculado ao papel que a empresa exerce como a maior produtora mundial de energia renovável⁷⁵ e como um importante indutor do desenvolvimento socioeconômico na região da fronteira Brasil-Paraguai. Esta questão da energia renovável é central para o debate sobre o automóvel elétrico, conforme visto no Capítulo 4, pois, grande parte das vantagens relacionadas à tecnologia, como a redução da emissão de poluentes e gases do efeito estufa, dependem de uma matriz energética renovável.

Por isso, não estranha o convite realizado pelo Governo Federal para que a Itaipu participasse das discussões para a elaboração da nova política setorial automotiva, o Rota 2030. Reconhecida por sua experiência na área de mobilidade elétrica, a empresa começou

⁷⁴ Conforme: <https://www.itaipu.gov.py/sala-de-imprensa/noticia/autoridades-fazem-visita-tecnica-instalacoes-de-novo-centro-de-mobilidade-d>. Acesso em 25/06/2019.

⁷⁵ Apesar da usina chinesa de Três Gargantas possuir a maior capacidade instalada, a Itaipu Binacional possui a maior produção acumulada ao longo do tempo e detém o recorde de produção anual de energia. Conforme: <https://www.itaipu.gov.br/energia/comparacoes>. Acesso em 26/05/2019.

participando do grupo de eficiência energética, no interior de um subgrupo destinado a tratar do tema da mobilidade elétrica. Subgrupo, este, que depois se tornou um dos sete grupos de discussão para elaboração do Rota 2030.

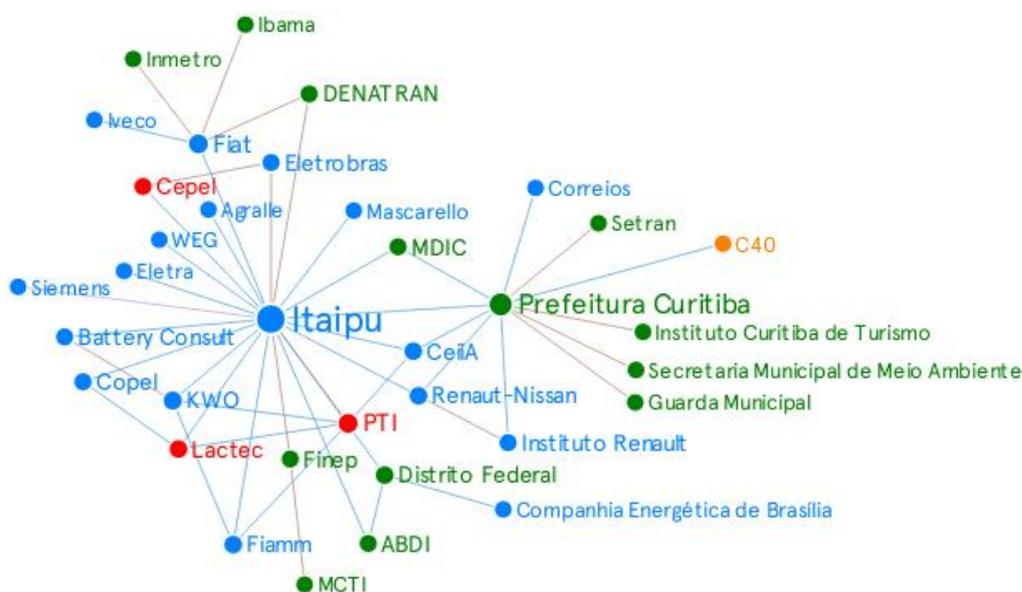
Além disso, a participação da Itaipu na elaboração da política envolveu a realização de visitas técnicas às instalações do Programa VE e a promoção de parcerias com ministérios e agências do governo federal. Tanto o Ministério de Minas e Energia (MME), quanto a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) utilizaram, em regime de comodato, automóveis elétricos e eletropostos fornecidos pelo Programa como forma estimular e divulgar a tecnologia e novos modelos de negócio. Apesar dos importantes incentivos fiscais obtidos com o novo regime (redução na alíquota de IPI para automóveis elétricos e híbridos), as alterações na regulação do mercado ficaram aquém do impulso esperado para mobilidade elétrica, se comparados com os conjuntos de políticas dos países líderes na área, conforme visto no capítulo anterior.

Logo, percebe-se que esta rede de inovação, nascida de um projeto de P&D da Itaipu Binacional em 2006, transformou-se ao longo do tempo, agregando novos atores à iniciativa e modificando-se, conforme os objetivos e oportunidades que surgiam a cada nova ligação. Uma análise diacrônica destas transformações revela os diferentes momentos da rede. No primeiro momento (Figura 6.2), a montagem de protótipos de veículos elétricos e o fortalecimento da cadeia de fornecedores se sobressaem como objetivos principais. Para isso, são estabelecidas parcerias com empresas do setor automotivo, do setor elétrico e alguns institutos de pesquisa. A Itaipu é, de longe, o nó com maior grau de centralidade (com base no número de ligações), concentrando diversas conexões e viabilizando diferentes projetos de veículos elétricos. Esta primeira configuração da rede possibilita certa dinâmica de complementaridade entre os atores envolvidos nos diferentes projetos de montagem de protótipos e certa estabilidade à rede, garantida pela Itaipu através do seu orçamento de P&D. Por outro lado, essa centralização na figura de uma empresa binacional geradora de energia elétrica dificulta a emergência de novos interesses voltados para a comercialização e a difusão do automóvel elétrico.

O momento seguinte da rede (Figura 6.3) é um desdobramento no sentido de difundir os veículos elétricos em contextos mais amplos, testar seu funcionamento em condições próximas da realidade nacional e gerar retornos para os desenvolvedores. Neste sentido a rede passa a estabelecer relações com administrações municipais, como Curitiba, a

fim de dar maior visibilidade aos protótipos montados a partir das parcerias realizadas e levantar dados sobre a utilização dos automóveis. Aqui, a Prefeitura de Curitiba torna-se um segundo *hub* da rede, é a gestão pública municipal que realiza a maioria dos esforços para a utilização e difusão da inovação. Seu projeto de integração da mobilidade elétrica como um dos serviços de transporte público municipal se apresentava como um potencial espaço para a comercialização e utilização dos automóveis elétricos. Porém, a mudança na administração da cidade impediu a implementação das fases seguintes do projeto, o que reforça o argumento da visão de curto prazo para políticas de inovação como um mecanismo de bloqueio.

Figura 6.5 – Perspectiva sincrônica da rede de inovação 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Apesar deste revés, o Programa VE seguiu com outras experiências de utilização dos veículos elétricos e passou a apostar na mobilidade elétrica não como um produto específico, mas como um conceito que envolve, além da eletrificação da força motriz, uma série de tecnologias vinculadas e todo um conjunto de novos serviços. Junto a essa atuação surge o reconhecimento das

experiências realizadas e a oportunidade de participar de grupos de discussão voltados para a alteração nas formas de regulação do mercado automotivo que culminaram com o Rota 2030. Estabeleceram-se, então, novas conexões com ministérios e agências de governo no intuito de influenciar na produção regulações formais voltadas à mobilidade elétrica.

Sob uma perspectiva sincrônica (Figura 6.5), obtida por intermédio da sobreposição dos momentos anteriores da rede, observa-se novamente o grande número de ligações concentradas na empresa geradora de energia elétrica Itaipu e na Prefeitura de Curitiba. Trata-se de uma rede de inovação consideravelmente mais densa que as próximas que serão investigadas, com muitos nós unidos por meio de relações de colaboração, porém envolvidos em diversos projetos paralelos. Há um número importante de ligações colaborativas de longa distância com empresas estrangeiras (KWO, CeiA, Fiamm), que buscam viabilizar o acesso a novos conhecimentos e o desenvolvimento de tecnologias. Os casos da bateria de sódio e do ônibus híbrido a etanol são exemplos resultados destas parcerias.

Em relação ao automóvel elétrico, mais especificamente, os maiores resultados alcançados foram a montagem de protótipos elétricos, que levantaram a discussão sobre a mobilidade elétrica de forma precursora já em 2006, e a montagem (SKD) de algumas unidades do Renault Twizy na própria Itaipu. O uso destes protótipos e modelos elétricos em projetos-piloto de mobilidade, em condições reais, forçou a produção de mudanças em algumas regulações importantes, como os processos de homologação e licenciamento de automóveis elétricos, além da alteração nas alíquotas de importação sobre automóveis elétricos.

Apesar da variada participação de empresas do setor de autoveículos (Iveco, Eletra, Agralle, Mascarello), as montadoras de automóveis ficaram restritas a Fiat e Renault. Esta última com maior intensidade nos anos recentes, algo que vai ao encontro do seu posicionamento internacional e, de certa forma, abriu caminho para sua entrada mais contundente no mercado de automóveis elétricos no Brasil, principalmente se considerarmos a Aliança Renault Nissan e os modelos Renault Zoe e Nissan Leaf, dois dos primeiros VEBs a venda no país.

O grande número de empresas do setor energético (Itaipu, Copel, Furnas, CEB, KWO) e institutos de pesquisa ligados a elas (PTI, Lactec, Cepel) também chama atenção na composição da rede. Estas empresas atuam como grandes interessadas nos possíveis impactos à rede elétrica e no desenvolvimento de novos modelos de negócio vinculados à

difusão dos automóveis elétricos, mas também como importantes financiadoras de pesquisas na área. A Itaipu destaca-se neste aspecto, pela utilização de recurso próprio e pelo seu papel de principal articuladora da rede, inclusive sendo convidada para participar das discussões sobre o novo regime automotivo. Por outro lado, essa centralidade e dependência da Itaipu na rede implica certas limitações para a implementação da inovação no contexto nacional, pois, por mais que ela contribua com mudanças político-institucionais e com o desenvolvimento de fornecedores nacionais, o objetivo da empresa segue sendo a geração de energia e não a produção e comercialização de automóveis elétricos.

Em resumo, trata-se de uma rede robusta, com uma grande variedade de atores e tipos de ligações, uma rede capaz de articular competências complementares e manter-se organizada ao longo do tempo, fomentando o desenvolvimento de inovações vinculadas à mobilidade elétrica e o fortalecimento da cadeia de fornecedores. Essa tenacidade da rede viabilizou a constante entrada e atuação de novas empresas e institutos de pesquisa na realização de novos projetos, bem como o alinhamento institucional de algumas políticas e normas às especificidades do automóvel elétrico, a ponto da Itaipu torna-se uma referência nacional na tecnologia e ser convidada a participar dos debates sobre a nova política setorial. Porém, a referida centralidade exercida pela Itaipu na articulação da rede implica em uma baixa complexidade de interesses em atividade, o que acaba por limitar a atuação da rede ao escopo não comercial previsto pela hidrelétrica. As redes seguintes baseiam-se em experiências mais recentes e configurações menos robustas, ainda assim, trata-se de redes capazes de alterar regulações do mercado a partir de suas diferentes articulações.

6.2. REDE 2 – SISTEMAS COMPARTILHADOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Muito além de uma simples alteração no *power train* (conjunto de elementos responsáveis pela tração dos veículos), a eletrificação automotiva pode desencadear uma série de transformações em todo o sistema de transportes, dependendo da concepção e da implementação da inovação. Por exemplo, mesmo que a simples substituição do motor de combustão interna pelo motor elétrico - sem uma matriz energética renovável e no interior da mesma concepção de transporte particular - reflita-se em importantes implicações para o setor elétrico, para o setor de autopeças e para toda a cadeia de serviços como manutenção

e seguro, dificilmente isso será suficiente para responder aos problemas de mobilidade urbana e emissões de poluentes existentes.

Todavia, caso a eletrificação dos automóveis seja acompanhada de uma profunda transição para energias de baixo carbono e de uma mudança na ideologia social do carro (GORZ, 2010), as implicações para o sistema de transportes seriam muito mais intensas. Isso porque, além da imensa redução na emissão de gases poluentes e da alteração na geopolítica energética vinculada às fontes renováveis, a mudança na ideologia social do carro envolveria uma possível passagem do privilégio, da propriedade exclusiva dos automóveis, para o uso compartilhado, para a democratização do espaço público e para a utilização dos carros como um serviço complementar de mobilidade.

A presente rede é voltada para uma iniciativa que busca uma transformação do segundo tipo. Mais precisamente, uma iniciativa voltada para a implementação de sistemas de compartilhamento de automóveis elétricos como uma medida complementar para a mobilidade urbana em cidades brasileiras. Logo, esta seção é dedicada à descrição e à análise da rede de atores heterogêneos ligados pela implementação destes sistemas de compartilhamento, em diferentes contextos, ao longo dos últimos anos.

O primeiro momento da rede se refere às origens do projeto ainda no âmbito de um ambiente controlado no interior do centro histórico de Recife (PE), local onde se encontra instalado seu principal idealizador, o Parque Tecnológico do Porto Digital. Neste momento são descritas e analisadas as principais articulações e dificuldades encontradas ao longo do projeto, bem como as soluções e as aberturas encontradas para os momentos seguintes. O próximo desdobramento volta-se para o projeto VAMO Fortaleza, uma parceria público-privada que possibilitou a implementação de um sistema de compartilhamento de automóveis elétricos na capital cearense.

Já o momento seguinte volta-se para os esforços da empresa Serttel, principal operadora dos sistemas anteriores, no desenvolvimento de um veículo próprio, concebido exclusivamente para atender as demandas deste tipo de parceria em outras cidades. Por fim, busca-se analisar os desenvolvimentos da rede ao longo do tempo, mas também de forma sincrônica, através da sobreposição dos momentos, a fim de compreender o efeito de suas dinâmicas sobre as alterações nas regulações do mercado.

6.2.1. O projeto-piloto do Carro Leve

O "Carro Leve" é um sistema de compartilhamento de automóveis que operou no centro histórico de Recife de 2015 a 2017. O projeto foi o primeiro sistema de compartilhamento de automóveis elétricos (VEB) no Brasil, uma iniciativa articulada e realizada principalmente pelo parque tecnológico de Pernambuco, Porto Digital, e pela empresa Serttel. De acordo com as informações coletadas junto a rede, a Serttel, desenvolvedora de soluções para mobilidade urbana, foi responsável pela elaboração e operação do sistema de compartilhamento de automóveis, enquanto o Porto Digital era o principal gestor da iniciativa.

Devido às suas dimensões reduzidas e ao seu insulamento natural, o Porto Digital pode ser considerado um local privilegiado para a realização de experiências tecnológicas em pequena escala. O próprio sistema de compartilhamento de automóveis elétricos fez parte de um projeto mais amplo do parque, chamado Porto Leve. Este projeto era voltado para a promoção de serviços inovadores e ecologicamente sustentáveis no interior da área do parque tecnológico e contou com o financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) via edital específico para parques tecnológicos. As áreas de atuação do projeto incluíam mobilidade urbana, segurança pública, gerenciamento de informações e desenvolvimento de novas tecnologias e foram traduzidas em serviços como compartilhamento de bicicletas, sistema de identificação e monitoramento de veículos, estacionamentos com detecção de vagas e sistema de compartilhamento de automóveis elétricos, o Carro Leve.

Segundo os idealizadores, o propósito do Carro Leve era promover a melhoria da mobilidade no território do Porto Digital e nos bairros vizinhos, por intermédio de uma alternativa sustentável e compartilhada, capaz de ser integrada a outros modais de transporte urbano. Para isso, os gestores do projeto se inspiraram na experiência francesa do Autolib e contaram com a colaboração da Serttel, empresa integrante do Porto Digital, na execução do projeto.

A primeira dificuldade enfrentada foi identificar um automóvel com as especificações necessárias para se adequar aos propósitos do projeto, uma vez que naquele momento (2014) não havia modelo de automóvel elétrico (VEB) sendo comercializado no Brasil. Como se tratava de mobilidade urbana compartilhada, o automóvel precisava ser pequeno,

econômico e com uma boa dirigibilidade. A solução encontrada foi importar os automóveis do exterior. Na época, as opções mais econômicas e em conformidade com as características desejadas eram fornecidas pelos fabricantes chineses, que vinham desde o começo do século investindo na produção de veículos elétricos pequenos e baratos, mas mesmo estas opções tornavam-se caras frente às alíquotas de 35% sobre a importação dos veículos⁷⁶.

Após uma extensa pesquisa de mercado, os executores do projeto acabaram optando pela importação de veículos fabricados pela chinesa Zhidou Electric Vehicle Co. Especializada em microveículos elétricos para viagens curtas, a empresa é uma *joint venture* fundada pela empresa de pesquisa e produção de veículos elétricos Xindayang Group junto à gigante montadora chinesa Geely Holding Group. Porém, a concepção e o design do automóvel foram realizados com o apoio de empresas italianas visando a implementação de um outro sistema de compartilhamento de automóveis elétricos na Itália, o Share’N Go⁷⁷. Neste caso, trata-se de uma inovação em que os diferentes momentos do processo estão claramente separados, inclusive em países distintos. Devido a reconhecida competência no setor automotivo, a concepção e o design foram elaborados na Itália, juntamente a algumas autopeças. Por sua vez, a produção e a montagem em larga escala ocorrem na China, onde existem diversos incentivos para os veículos elétricos, conforme visto no Capítulo 4, e a utilização compartilhada dos automóveis acontece em Milão, Florença, Roma e Modena.

Feita a compra dos modelos importados, ainda restava homologar e emplacar os veículos elétricos em território nacional. Todavia, esta tarefa mostrou-se muito mais complicada do que o previsto pelos gestores do projeto. Devido à ausência de uma legislação específica sobre ultracompactos elétricos, os automóveis não puderam, a princípio, ser emplacados e nem mesmo desembarcar no porto de Recife. Somente após muitos esforços e tratativas com Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) foi possível emplacar os automóveis com placas verdes, referentes a protótipos e projetos experimentais⁷⁸, com todas as limitações vinculadas a este tipo de registro.

⁷⁶ Conforme relatado no Capítulo 5, em resolução aprovada em 26 de outubro de 2015, o conselho de ministros da Câmara de Comércio Exterior – CAMEX, isentou os veículos elétricos importados do Imposto de Importação.

⁷⁷ Conforme: https://www.ilsole24ore.com/art/notizie/2017-05-29/share-ngo-ora-parte-dall-italia-conquista-dell-europa-185909.shtml?uuid=AEwjmQTB&refresh_ce=1. Acesso em 05/05/2019.

⁷⁸ Resolução nº 231, CONTRAN http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_231.pdf

Algum tempo após este imbróglio, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) publicou a resolução nº 573 de 16 de dezembro de 2015⁷⁹, que passou a regulamentar os requisitos obrigatórios de circulação e de segurança para os veículos automotores denominados quadriciclos, de fabricação nacional ou importados. Denominação que passou a englobar os automóveis elétricos da Zhidou e o Renault Twizy, ao referir-se a veículos automotores elétricos de cabine fechada, com massa em ordem de marcha não superior a 400kg, excluída a massa das baterias e cuja potência máxima do motor não ultrapasse 15kW, nesta mesma resolução ficou definido que estes veículos só podem circular em vias urbanas.

Fica claro, neste tipo de situação, o desalinhamento institucional da tecnologia em relação as regulações do mercado e a necessidade de construção de arranjos de forças para superar bloqueios à difusão e utilização da inovação. Para além das propriedades intrínsecas do automóvel e sua tecnologia (autonomia, velocidade máxima, preço) houve a necessidade de uma articulação para superar, antes, uma barreira institucional. Neste caso, o bloqueio tem origem na ausência de uma regulação prevendo os critérios de segurança para o uso do aparato tecnológico, algo aparentemente basilar, mas que demanda negociações e a mobilização de atores interessados na implementação. Segundo os gestores do projeto, todo o trâmite entre a compra e o desembarcar dos automóveis levou cerca de 12 meses.

O passo seguinte no projeto foi a instalação e o teste do sistema de interface desenvolvido pela Serttel. Especializada no desenvolvimento de plataformas inteligentes voltadas para a gestão da informação sobre mobilidade, a empresa utilizou de sua competência e experiência com outros sistemas de compartilhamento (bicicletas) para desenvolver um sistema de interface entre usuários e os automóveis elétricos. O referido sistema envolve operações complexas como intertravamento de portas e vidros, geolocalização, leitura do estado das baterias e a liberação para o uso, tudo feito por intermédio de um aplicativo para *smartphones*. Logo, trata-se de um sistema que envolve a troca de dados e informações entre dispositivos, a chamada Internet das Coisas, através de camadas de hardware e de software que possibilitam esta comunicação entre os automóveis, o sistema e os smartphones dos usuários.

Além deste sistema, a Serttel desenvolveu um *blogservice* gerenciado por uma empresa integrante do Grupo Serttel, a Mobilicidade. Também instalada no Porto Digital, a

⁷⁹ Conforme: <http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao5732015.pdf>. Acesso em 05/05/2019.

empresa de tecnologia da comunicação hospeda os servidores responsáveis pelo atendimento dos usuários. Isto é, a empresa não apenas escreve os aplicativos que serão baixados pelos usuários para terem acesso aos automóveis, mas realiza e gerencia as atividades de cadastro e pagamento em ambiente virtual.

Entre dezembro de 2014 e setembro de 2015, o sistema contou com um período de testes antes de ser liberado para o público geral. Neste período, em que o sistema foi utilizado por funcionários de algumas empresas do parque tecnológico, foram realizadas reuniões periódicas para debater soluções para os problemas tecnológicos encontrados, incorporar sugestões dos usuários, realizar ajustes no aplicativo e testar a logística das estações. Uma vez que se trata de um modal de transporte complementar, destinado a chamada última milha, as estações de recarga foram todas instaladas, com a autorização da prefeitura de Recife, pensando na conexão do Porto Digital com outros centros de transporte, como a estação de metrô e o terminal de ônibus.

Ao todo, o projeto possuía 5 pontos de partida/parada e 3 automóveis elétricos que acomodam 2 passageiros. Segundo os dados fornecidos pelos gestores, os automóveis atingiam uma velocidade máxima de 60 km/h e possuíam uma autonomia de 120 km com uma carga completa, que levava cerca de 6 horas. O uso do serviço era feito por meio de um cadastro no site da iniciativa, em que a pessoa interessada deveria apresentar comprovante de residência, cartão de crédito, a Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e agendar um teste drive. A assinatura do sistema era de R\$ 30 mensais, a cada viagem de até 30 minutos era cobrada uma taxa de R\$ 20, que caía para R\$ 10 caso o usuário oferecesse carona por intermédio do aplicativo e era reduzida para R\$ 5 caso outro passageiro aceitasse a carona.

O projeto contou com 372 usuários registrados e com vagas exclusivas para estacionamento. Supostamente contribuía para a redução de veículos no trânsito, uma vez que o uso do carro compartilhado deveria evitar o uso de automóveis particulares, e operou cerca de 2 anos na capital pernambucana. Foram percorridos 3.210 quilômetros, em 1.219 viagens, e o aplicativo usado para solicitar, travar, destravar o automóvel e encerrar a operação foi baixado 1.224 vezes⁸⁰. Segundo relatos de gestores, colhidos em entrevistas, uma das principais dificuldades encontradas foi a dinâmica de cadastro dos usuários e realização dos testes de direção. Considerada burocrática pelos usuários, esta dinâmica

⁸⁰ Conforme <https://noticias.ne10.uol.com.br/jc-transito//noticia/2016/11/23/carro-leve-em-dois-anos-menos-de-duas-viagens-foram-feitas-por-dia-649132.php>. Acesso em 08/05/2019.

tornou-se ainda menos atrativa com o surgimento e popularização dos serviços prestados pela Uber, empresa de transporte privado via aplicativo, em Recife.

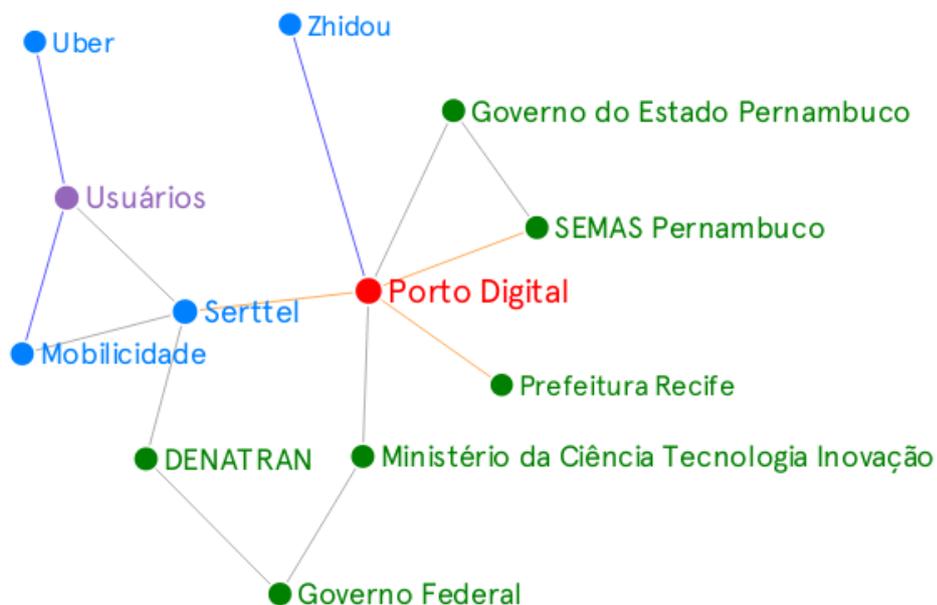
Encerrado em meados de 2017, conforme calendário, o projeto cumpriu com seu objetivo de testar este tipo de mobilidade compartilhada em um ambiente urbano. Durante sua operação foram avaliadas as vantagens e limitações do sistema, tais como entraves burocráticos aos veículos e viabilidade econômica da operação. O que gerou, por intermédio dos retornos fornecidos pelo mercado em formação, aprendizado para os envolvidos (BERGEK; JACOBSSON, 2008) e apontou para novos projetos e parcerias que serão vistos nas subseções seguintes.

Realmente a conclusão que a gente chegou é que para bancar tem que ter um patrocinador, esse valor aí é só para constar mesmo, dá uma ajudazinha, mas não banca, então precisa realmente um patrocinador nessa história. E aí foi a parte da tecnologia e a parte de mercado que acabamos testando nesse projeto. Eu vejo pelo lado bom, foi bacana, sabe? A gente ter conseguido, por mais que tenha havido dificuldades, a gente conseguiu emplacar em Fortaleza e conseguimos iniciar em Fernando de Noronha, então já foi bem bacana para o cenário que a gente enfrentou (Gerente de Projetos do Porto Digital, Recife, 2017).

Logo, trata-se de uma rede relativamente pequena, focada no desempenho de alguns atores e concentrada na implementação piloto de um modelo de mobilidade urbana. Ou seja, uma rede organizada a partir de um projeto que buscava explorar a viabilidade da tecnologia no contexto nacional. Como a distribuição dos nós mostra (Figura 6.6), uma rede centrada no papel desempenhado pelo Porto Digital e pela Serttel na difusão e utilização do automóvel elétrico, através do desenvolvimento de um sistema de deslocamento solidário e de uma plataforma digital para registro, pagamento, lançamento e gerenciamento de uso.

Além disso, a posição periférica de atores importantes na rede, como o Governo Federal, que ajudou a financiar o projeto via Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, e a montadora chinesa Zhidou, fabricante dos dois modelos (ZD e ZDI) utilizados no projeto, reforça este caráter experimental do projeto, dirigido por uma lógica de incubação e teste de viabilidade de ideias. Como afirmou a Gerente de Projetos do Porto Digital responsável pelo Carro Leve, “a gente espera que, com a consolidação da ideia, a iniciativa privada e as autoridades públicas vejam o valor de mercado da iniciativa e decidam expandi-la, como aconteceu com as bicicletas compartilhadas”.

Figura 6.6 – Rede de Inovação do Carro Leve



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Usuários	● (roxo)
Empresa	● (azul)
Administração pública	● (verde)
Instituto de pesquisa e ensino	● (vermelho)
Ligações:	
Colaboração	— (laranja)
Burocrática	— (verde)
Troca	— (azul)

Como ilustra a Figura 6.6, trata-se de uma rede heterogênea, formada por diversos atores, ligados por diferentes tipos de laços. Em conformidade com o Capítulo 3, nem todos os atores da rede estão alinhados a um objetivo comum, alguns, como o DENATRAN, atuam como reguladores no interior de um aparato administrativo e acabam por encarnar mecanismos de bloqueio à inovação, como o desalinhamento institucional, ao dificultarem seu registro e utilização; outros, como a Uber, atuam como competidores no mesmo mercado ao ofertarem soluções alternativas. Porém, as relações centrais da rede, algumas de colaboração e outras burocráticas, atuam não apenas na produção e difusão de conhecimento, mas, principalmente, na realização de uma experiência empreendedora, na produção de um nicho de mercado e na legitimação da novidade tecnológica.

No caso da realização da experiência empreendedora, o mecanismo de indução mais claro foi a política de financiamento de projetos para parques tecnológicos, que serviu de impulso inicial à iniciativa. Este tipo de experiência estimulou não apenas o desenvolvimento

e a aplicação de novas tecnologias, mas gerou toda uma dinâmica de aprendizado em relação ao automóvel elétrico, suas limitações, questões vinculadas a infraestrutura e a legislação vigente. Logo, o fato de o Porto Digital ser apto e possuir a competência necessária para ser aprovado em um edital como o referido pode ser considerado algo fundamental para a iniciativa.

Outro aspecto relevante a ser considerado é o contexto geográfico. A região do Porto Digital⁸¹ concentra mais de 267 empresas e instituições nas áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação (entre estas a Serttel e Mobilicidade), incubadoras de empresas, aceleradores de negócios, institutos de pesquisa e uma instituição de ensino superior. O que gera toda uma proximidade geográfica, institucional e social (BOSCHMA, 2005) e possibilita, com a instalação das estações de recarga nas proximidades do parque científico, a criação de um microambiente controlado para esta inovação. Isto é, essa proximidade, junto ao estabelecimento de laços longos com empresas detentoras de outras competências (Zhidou), contribuí para a complementariedade da rede.

Este ambiente controlado, produzido através da iniciativa do Porto Digital em parceria com a Serttel, pode ser visto como um nicho de mercado, ou um “*nursing market*” (JACOBSSON; BERGEK, 2004). Um espaço protegido, central para o desenvolvimento da nova tecnologia, onde o mecanismo de indução à inovação gera retornos através de processos de aprendizagem e onde os preços e a performance da tecnologia podem ser testados e aprimorados, através da interação com usuários, antes de serem submetidos a concorrência no mercado automotivo. Aliás, uma das conclusões apontadas pela experiência do Carro Leve é a da necessidade de um patrocinador, que custeie a operação em troca de publicidade, para tornar o sistema viável financeiramente.

Uma vez que a tecnologia consolidada (automóveis convencionais) tem uma série de vantagens, como os ganhos de produção em larga escala, a confiança dos consumidores e uma operação bem ajustada às normas do aparato administrativo, este tipo de ambiente atua como um espaço de legitimação para automóvel elétrico (ZIMMERMAN; ZEITZ, 2002). Isto é, como um espaço onde o automóvel pode ser testado e utilizado por novos atores sociais e ganhar sua adesão e apoio em caso de aprovação. Na presente situação, esta legitimidade encontra-se também associada a questões como mobilidade urbana, consumo

⁸¹ Conforme: <http://www.portodigital.org/parque/o-que-e-o-porto-digital/iniciativa-privada-governo-e-universidades>. Acesso em 15 de fevereiro de 2018.

de combustíveis fósseis e emissões de poluentes. Questões estas que vêm encontrando cada vez mais respaldo na opinião pública, mas que durante o período da iniciativa não haviam ainda sido traduzidas na forma de uma regulação clara para o setor. Logo, estes ambientes tornam-se relevantes, pois:

Além de demonstrar a viabilidade da nova tecnologia e fornecer meios financeiros para desenvolvimentos futuros, nichos ajudam a construir um grupo de apoiadores por trás da tecnologia e põe em movimento processos de aprendizado e de adaptação institucional, que são importantes para uma ampla difusão e desenvolvimento da nova tecnologia (KEMP et al, 1998, p. 184).

Ademais, estes espaços incentivam o surgimento e a consolidação de novas empresas, bem como a formação de novas coalizões, que podem vir a fortalecer a rede de inovação na busca por mais espaço e por um maior alinhamento institucional. Não por acaso, realizada a experiência do Carro Leve, um dos desdobramentos desta iniciativa, que será vista a seguir, foi a implementação em escala comercial de um sistema de compartilhamento de automóveis elétricos na cidade de Fortaleza (CE), a partir da entrada de novos atores na rede de inovação.

6.2.2. Vamo Fortaleza, uma parceria público-privada pioneira

O Vamo Fortaleza é um sistema público de compartilhamento de automóveis elétricos que opera na cidade de Fortaleza desde 2016. Fruto de uma parceria público-privada entre a Prefeitura de Fortaleza, a Serttel e a empresa patrocinadora HapVida Saúde, o sistema teve origem na iniciativa da Prefeitura de publicar um edital de chamamento público para sua implementação. O objetivo do edital era receber propostas de empresas, ou consórcio de empresas, interessadas em implementar, operar e realizar a manutenção do sistema, a fim de ofertar à população uma alternativa de transporte menos poluente e integrada a outros modais.

De acordo com relatos de integrantes da Prefeitura, um dos principais motivadores para a realização do projeto foi o fato da cidade ser signatária de acordos para a redução de emissão de gases do efeito estufa junto ao International Council for Local Environmental

Initiatives⁸² (ICLEI) e a busca pela conformidade com as indicações da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) de 2012. Em 2013, por intermédio desta parceria com o ICLEI, foi realizado um inventário de emissões de poluentes em Fortaleza e foi constatado que mais de 61% das emissões de gases são oriundos dos escapamentos da matriz de transporte. A partir de então a gestão da cidade se comprometeu a reduzir 20% desta emissão até 2030, por intermédio de uma Política Municipal de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono.

Esta política faz parte de uma Estratégia de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono (Urban LEDS) que está sendo implementada pela ONU Habitat e pelo ICLEI, com o financiamento da União Europeia, em algumas cidades escolhidas de países emergentes como Brasil, África do Sul, Índia e Indonésia. A estratégia busca auxiliar na transição para “uma cidade de baixo carbono, economia urbana verde e inclusiva, através de sua integração em planos e processos de desenvolvimento da cidade⁸³”. Isto é, mais que uma simples intenção, trata-se de toda uma metodologia para esta transição, que envolve desde a análise da situação, passando pelo estabelecimento público de um compromisso com a estratégia, até a realização de um conjunto de diretrizes e ações visando à redução na geração de poluentes, o menor consumo de energia e práticas mais eficientes.

A partir deste compromisso, a cidade de Fortaleza passou a investir sistematicamente em uma série de políticas voltadas para a mobilidade urbana. Dentre as diversas ações organizadas pelo Plano de Ações Imediatas de Transporte e Trânsito (PAITT) da Prefeitura, pode-se destacar a expansão da malha cicloviária, mais de 200 km, a implantação de um sistema de compartilhamento de bicicletas com uma das maiores taxas de utilização do Brasil (cada bicicleta realiza cerca de 6 viagens por dia), o Bicicletar, e um outro sistema de compartilhamento de bicicletas voltado exclusivamente para os cidadãos de Fortaleza e para a integração com o transporte público, o Bicicleta Integrada. Ambos sistemas de compartilhamento de bicicletas são operados pela Serttel.

Não por acaso, o sistema de compartilhamento Vamo Fortaleza encontra-se alinhado a esse conjunto de políticas no sentido da redução das emissões de poluentes e na melhoria da mobilidade urbana. Todavia, o compartilhamento de automóveis elétricos em escala

⁸² ICLEI é uma rede global de cidades e regiões comprometidas com a construção de um futuro sustentável. A rede foi estabelecida quando mais de 200 governos locais de 43 países se reuniram em sua conferência inaugural, o Congresso Mundial de Governos Locais para um Futuro Sustentável, nas Nações Unidas em Nova York em setembro de 1990. Conforme <http://archive.iclei.org/index.php?id=579>

⁸³ Conforme: <http://sams.iclei.org/o-que-fazemos/promovemos-a-acao-local/projetos-anteriores/urban-leds.html>. Acesso em 15/06/2019.

comercial era, até aquele momento, um empreendimento inédito no Brasil e consideravelmente mais complicado em termos tecnológicos do que o sistema de compartilhamento de bicicletas. Por isso, trata-se de uma iniciativa que demandou certa competência e experiência na área para sua implementação. Algo que foi parcialmente obtido pela Serttel durante a execução e operação do sistema Carro Leve, em Recife, e foi fundamental para a vitória do consórcio Serttel/HapVida no edital lançado pela Prefeitura de Fortaleza.

Outro ator que se manteve presente neste desdobramento da rede foi a fabricante chinesa Zhidou. Desta vez a empresa forneceu 15 automóveis do modelo Zhidou EEC L7e-80 de características similares aos anteriores, compactos elétricos de 2 lugares, com baterias de lítio, autonomia de até 120 km e velocidade máxima de 60 km/h. Assim como em Recife, os automóveis tiveram que ser registrados com placas verdes de teste, porém os trâmites foram muito mais breves desta vez.

Além dos automóveis da Zhidou, o Vamo Fortaleza importou também 5 automóveis elétricos da montadora chinesa BYD. Automóveis de dimensões convencionais, do modelo BYD E6, com baterias de lítio de fosfato de ferro (LiFePO₄) e autonomia aproximada de 250 km com uma carga completa. Apesar de elétricos, estes automóveis não encontraram a mesma resistência legal dos Zhidou e puderam ser emplacados como veículos comerciais, placas vermelhas. A BYD é uma empresa chinesa que começou como fabricante de baterias para equipamentos eletrônicos, mas que no início do século XXI, com o surgimento dos incentivos do governo chinês, passou a produzir veículos elétricos e hoje é uma das maiores vendedoras de elétricos do mundo⁸⁴. Inclusive, a empresa instalou em 2015 uma fábrica para montagem de ônibus elétricos e produção de módulos fotovoltaicos em Campinas (SP).

Ao todo, o sistema conta com 20 automóveis elétricos em 12 estações de recarga espalhadas pela cidade e mais 6 vagas exclusivas. Sua operação é similar à realizada em Recife, para utilizar o sistema é necessário realizar um cadastro na plataforma virtual da Mobilicidade, fazer um teste drive e assinar um termo de responsabilidade. O valor mensal é de R\$ 15 para usuários do serviço de integração municipal, Bilhete Único, e de R\$ 20 para os demais usuários. Os mesmos valores valem para cada 30 minutos de utilização do sistema, com a possibilidade de dividir os custos com outros usuários através da função carona.

⁸⁴ Conforme: <https://cleantechnica.com/2019/02/09/tesla-model-3-1-best-selling-electric-car-in-world-7-of-global-ev-market/>. Acesso em 12/05/2019.

Segundo a Serttel, desde a sua inauguração oficial em setembro de 2016, até setembro de 2018, foram realizados 3.873 cadastros no sistema, 1.367 test-drives e 3.573 viagens. Dados sobre o aplicativo Vamo Fortaleza, no Google Store, apontam para mais de 5.000 downloads⁸⁵.

A principal diferença deste sistema, em relação ao Carro Leve, fica por conta da parceria público-privada e da dinâmica de financiamento dos automóveis, não mais dependentes de um edital para parques tecnológicos, mas da figura de um patrocinador. Em troca, este patrocinador tem o direito de veicular sua marca nos automóveis e nas estações de recarga, o que possibilita a construção ou o reforço de uma imagem responsável para a empresa patrocinadora. Ou seja, a publicização de uma imagem associada a causas como mobilidade, sustentabilidade e saúde pública. Neste caso, convém ressaltar que no sistema de compartilhamento de bicicletas, Bicicletar, o patrocinador é a Unimed Fortaleza, empresa de planos de saúde concorrente da HapVida. Logo, percebe-se nestes investimentos privados uma dinâmica concorrencial que entende a questão da mobilidade e da sustentabilidade como valores positivos, considerados legítimos no interior de um mercado (SWEDBER, 2005b), que acabam servindo de estímulo ao desenvolvimento e ao uso de novidades tecnológicas alinhadas a esses valores e expectativas.

Outro aspecto que vale a pena ser destacado neste projeto foram os estudos e consultas realizadas para a instalação das estações de recarga. Como se trata de um número maior de estações e de automóveis com baterias mais robustas, além da gestão dos diversos modais de transporte a serem integrados, a localização das estações teve que levar em consideração as dimensões da rede elétrica para sua implementação. A tarefa foi realizada com o auxílio e a colaboração da concessionária de energia da região, a empresa Enel.

Uma vez que, pela legislação brasileira da época, somente concessionárias regularmente registradas na ANEEL podiam fornecer e comercializar energia elétrica, os pontos de recarga do Vamo tiveram que ser instalados como pontos comerciais normais. Logo, a prefeitura solicitava a instalação dos pontos à Enel, que cobrava a energia consumida de forma convencional do consórcio, mas esse não podia cobrar esta energia dos usuários. Recentemente, após uma série de audiências e consultas públicas em que participaram concessionárias e associações de interessados nos veículos elétricos, foi estabelecida uma

⁸⁵ Informação verificada em 22/02/2019.

regulação que permite com que qualquer empreendedor cobre pela comercialização de energia em pontos de recarga, sem a fixação de tarifas (ver seção seguinte). Segundo a ANEEL, o intuito da medida foi eliminar barreiras e acelerar o desenvolvimento desse tipo de operação no país⁸⁶.

Como o Vamo não pretendia cobrar dos usuários a recarga dos automóveis, essa ausência de regulamentação não chegou a configurar um mecanismo de bloqueio à inovação. Porém, como a questão da infraestrutura de recarga é muitas vezes apontada como um dos principais entraves para a difusão dos automóveis elétricos, isso pode ser considerado um fator que contribuía para a expansão do grau de incerteza envolvida no processo.

Outro aspecto que se mostrou problemático em relação às estações de recarga foi a questão da disputa por espaço, pois o sistema implicou na demarcação de vagas exclusivas para os automóveis compartilhados, o que gerou um certo desconforto inicial quanto à redução de vagas convencionais e pontos de táxi. O sindicato dos taxistas do Ceará, Sinditaxi, chegou a impedir a construção de uma estação de recarga em Fortaleza, alegando que os taxistas estariam sendo prejudicados pelas políticas de mobilidade da Prefeitura. Porém, segundo gestores do PAITT, a questão, que era essencialmente vinculada à concorrência com os motoristas de aplicativo como Uber⁸⁷, foi contornada após uma campanha de divulgação sobre a natureza complementar e restrita do sistema de compartilhamento de automóveis elétricos.

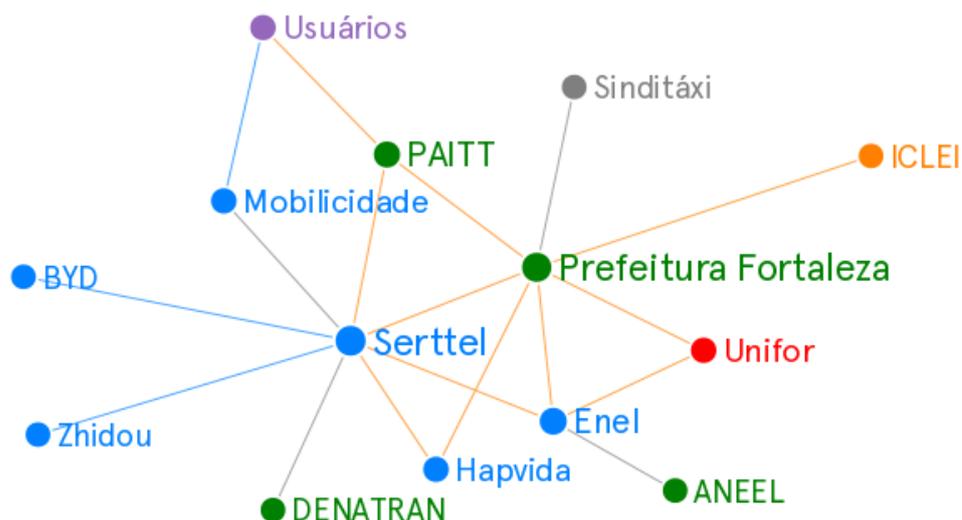
Para além da colaboração na instalação das estações de recarga, a Enel também contribuiu com a rede ao realizar um projeto de pesquisa voltado para o “Desenvolvimento de Sistema de Gestão de Recarga para Veículos Elétricos em Regime de Car Sharing” (PD-0039-0075), inscrito no Programa P&D da ANEEL em 2016, política que será tratada em detalhes na seção seguinte. Concebido inicialmente para a medição e acompanhamento do processo de carga nas estações, o projeto acabou por engendrar uma parceria com a Universidade de Fortaleza (Unifor) e a criação de um Centro de Pesquisa em Mobilidade Elétrica (CpqMEL), que busca, junto aos pesquisadores da universidade e dos profissionais da

⁸⁶ Conforme: <https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2018/06/20/brasil-enfim-aprova-recarga-publica-de-carros-eletricos-mas-como-fica.htm>. Acesso em 14/05/2019.

⁸⁷ Em meio às disputas pela regulamentação dos aplicativos pela Prefeitura de Fortaleza, o Sinditaxi chegou a lançar um aplicativo próprio para competir com a Uber.

Prefeitura, realizar o levantamento e a análise de indicadores para compreender o impacto econômico e socioambiental da mobilidade elétrica nas metrópoles brasileiras.

Figura 6.7 – Rede de Inovação Vamo Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Usuários	● (púrpura)
Empresa	● (azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (vermelho)
Administração pública	● (verde)
Organização não lucrativa	● (laranja)
Associação profissional	● (cinza)
Ligações:	
Colaboração	— (laranja)
Burocrática	— (cinza)
Troca	— (azul)

Logo, percebe-se que neste segundo momento a rede de inovação adquire certa robustez, com novos atores dando suporte à implementação da novidade tecnológica e desempenhando outros importantes papéis na rede. Conforme mostra a Figura 6.7, a Serttel, empresa que opera e desenvolveu o sistema de interface dos usuários com os automóveis, segue ocupando uma posição central na rede. Assim como a Serttel, a Prefeitura de Fortaleza também aparece como um ator chave para o estabelecimento de importantes conexões. Juntas à Hapvida, elas formam o núcleo de sustentação do sistema de compartilhamento. Baseado na colaboração e formalizado através da parceria público-privada, esse núcleo é responsável pelo financiamento, gestão, operação e concepção do sistema.

A entrada de novos atores na rede trouxe novas fontes de financiamento e novos focos para a criação e difusão de conhecimentos. Este é caso da colaboração estabelecida entre a Enel, a Unifor e a Prefeitura no referido projeto de P&D. Aliás, a entrada da empresa do setor elétrico na rede traz consigo uma série de competências vinculadas à recarga de baterias e ao monitoramento das redes elétricas, uma vez que a própria Enel participou de outros projetos de *car sharing* na Itália⁸⁸. Além disso, a adesão da empresa reforça a referida ideia de um certo protagonismo e um interesse significativo do setor elétrico nesta mudança tecnológica, algo que pode ser contrastado com a ausência de montadoras tradicionais.

Por seu turno, a realização destas pesquisas junto a institutos de ensino e pesquisa, como a Unifor, além de possibilitar a formação de profissionais e técnicos na área da mobilidade elétrica, produzem resultados importantes para a compreensão dos impactos da inovação, bem como no desenvolvimento de novas aplicações e no mapeamento de lacunas. Isso é válido especialmente em termos de processamento de dados e na gestão da informação vinculada à mobilidade urbana, pois trata-se de um sistema altamente informatizado e interconectado com outros sistemas de informação e modais de transporte.

Este tipo de estudo também é relevante para a produção de dados que justifiquem e validem a tecnologia. Assim como nos casos do Ecoelétrico e do Mob-i, foram divulgados dados referentes ao incremento na qualidade de vida, à emissão de poluentes evitados e a melhoras na mobilidade urbana, a fim de legitimar o uso de automóveis elétricos compartilhados e justificar a mudança tecnológica. Por exemplo, foi divulgado pelos executores do projeto que, em 2 anos de operação do sistema, deixaram de ser emitidas 500 toneladas de CO₂.

De certa forma, esses mesmos dados respondem às expectativas originais da Estratégia de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono (Urban LEDS), implementada pela Prefeitura com o apoio do ICLEI. O que aponta para um fortalecimento da rede não apenas em termos de legitimação da inovação, mas também no alinhamento institucional com instâncias supranacionais, como a ONU, e instâncias locais, como a própria prefeitura. Alinhamento que foi fixado com a Lei Nº 10.586/2017, que discorre sobre a Política de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono de Fortaleza e torna a redução de gases uma política municipal permanente, independente de quem está gerindo a cidade. Dessa

⁸⁸ Conforme: <https://www.enel.com/it/media/news/d/2015/12/enel-e-car2go-il-car-sharing--elettrico>. Acesso em 23/04/2019.

maneira, a promulgação da lei, reduz o risco de o desenvolvimento da inovação ser bloqueada pela visão de curto prazo de gestores.

Outro mecanismo de indução importante para a inovação foi a dinâmica de retorno dos usuários. Consultas realizadas junto aos usuários, organizadas pelo PAITT, possibilitaram o monitoramento da utilização e a readequação das tarifas. Somado a esta adequação, que reduziu em 68% o valor das tarifas, foram realizadas campanhas publicitárias para divulgação do serviço e dissolução de desentendimentos relativos às vagas exclusivas e aos propósitos do sistema de compartilhamento, evitando, desta forma, a oposição e a resistência de parcela da população e de algumas associações profissionais.

Novamente, porém, o preço elevado dos automóveis elétricos e a ausência de uma política pública contundente que facilitasse sua aquisição operou como um entrave ao projeto. Apesar da recente isenção do imposto de importação para elétricos (2015), o valor de cada automóvel custou cerca de R\$ 300.000,00, algo cerca de 8 vezes mais que o seu preço na Europa, segundo um dos diretores da Serttel. O que implica em um investimento extremamente elevado e um impedimento para a realização de projetos similares em maior escala. De acordo com este mesmo diretor, a cidade do Rio de Janeiro lançou quatro vezes um edital nos mesmos moldes para 100 automóveis, porém o edital teve que ser retirado do mercado, pois nenhuma empresa conseguia atender ao edital e cobrir os custos de aquisição dos veículos.

Junta-se a isso a ausência de uma montadora de automóveis diretamente interessada no projeto, com toda a competência e ganhos de escala vinculados a produção industrial de automóveis, e tem-se uma barreira significativa para a mobilidade elétrica compartilhada. Em alguma medida, este foi também o diagnóstico da Serttel quando decidiu dar início ao projeto de fabricar um veículo próprio, voltado exclusivamente para este tipo de sistema de compartilhamento de veículos em ambiente urbano.

6.2.3. Projeto de veículo alternativo próprio

Uma vez que questão alfandegária e fiscal tornavam a importação dos automóveis elétricos extremamente onerosa e nenhuma montadora de automóveis com plantas no território nacional parecia interessada em produzir um veículo elétrico para

compartilhamento, a alternativa encontrada pela Serttel para atender este tipo de demanda foi iniciar um projeto de desenvolvimento de um veículo elétrico próprio. Denominada Veículo Vamo, a iniciativa busca a produção de uma plataforma própria, isto é, um automóvel elétrico de dimensões reduzidas, com alto grau de conectividade, voltado exclusivamente para o uso em sistemas de compartilhamento.

A realização deste projeto livraria a Serttel da dependência de montadoras estrangeiras e possibilitaria um maior controle da empresa sobre a tecnologia desenvolvida. Em vez de adaptar um automóvel elétrico convencional para o compartilhamento, este já seria concebido com base nas necessidades específicas para o uso compartilhado. Neste projeto, o sistema de controle, monitoramento e interface com o usuário já estaria embarcado no veículo que seria diretamente conectado numa nuvem, o que possibilitaria o monitoramento remoto mais ágil.

Tendo em vista a complexidade da proposta, a Serttel procurou a empresa holandesa Spark Design & Innovation, a fim de realizar uma parceria tecnológica para a concepção do design do veículo. Voltada para o desenvolvimento de produtos inovadores e sustentáveis, e com uma filial em Recife, a empresa possui grande expertise em design industrial e no desenvolvimento de carros alternativos. Um dos seus projetos de veículo mais inusitado é o PAL-V⁸⁹, um veículo capaz de operar tanto como um automóvel, quanto como um helicóptero após uma rápida conversão. Outro veículo desenhado pela empresa é o Carver⁹⁰, um triciclo carenado que seria ágil como uma motocicleta e seguro como um automóvel, um veículo ideal para o trânsito nas cidades.

O conceito deste Carver serviu de base para o Veículo Vamo, pois, este utiliza o mesmo sistema de controle automático de inclinação (DVC, na sigla em inglês) do Carver, um sistema que possibilita a realização de curvas fechadas, em um triciclo extremamente estreito, sem risco de tombamento. Porém, para o design do Vamo foram observadas as especificações relativas à natureza compartilhada do veículo e às condições climáticas onde será utilizado, bem como as questões legais e de segurança relacionadas ao contexto brasileiro.

Diferentemente da concepção convencional de um automóvel, baseada no uso individual e na mobilização de todo um volume ocioso, o conceito do Vamo é permeado por

⁸⁹ Conforme: <https://www.sparkdesign.nl/br/projetos/palv>. Acesso em 20/02/2019.

⁹⁰ Conforme: <https://www.sparkdesign.nl/br/projetos/carver>. Acesso em 20/02/2019.

um ideal de compartilhamento e eficiência energética. Ou seja, trata-se de um conceito de veículo mais eficiente voltado para um uso intensivo e otimizado do transporte. Nas entrevistas realizadas com o pessoal da Serttel envolvido no projeto, mais de uma vez foram mencionados estudos que demonstram, segundo os entrevistados, que os automóveis particulares passam cerca de 95% de sua vida útil estacionados⁹¹ como uma forma de justificar a iniciativa. Além disso, foi argumentado que a taxa média de ocupação dos automóveis é baixa, cerca de 1,4 pessoa/carro⁹², o que implica em um enorme gasto de energia para o transporte dos usuários, em função do peso do carro. Por fim, apenas 5% da energia utilizada se destina ao transporte dos ocupantes do carro, o restante perde-se no calor, no escapamento do motor e movimenta a própria massa do automóvel (HAWKEN, P. et al, 1999).

Figura 6.8 – Protótipo do Veículo Vamo sem carenagem.



Fonte: Serttel/Divulgação (2017).

⁹¹ Conforme: <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>. Acesso em 20/02/2019.

⁹² Conforme: <https://www.mobilize.org.br/estudos/362/espaco-ocupado-por-modos-de-transporte-ativos-e-motorizados.html>. Acesso em 20/02/2019.

Portanto, o Veículo Vamo foi projetado para ser uma alternativa de transporte muito mais leve e eficiente (maior taxa de consumo de energia por quilômetro rodado). Apresentado pela primeira vez no Workshop Energias Renováveis e Inovações Interconectadas: Mercados Sustentáveis do Século XXI, em abril de 2017, o protótipo operacional do veículo possui 2,4 metros de comprimento e 1 metro de largura (Figura 6.8). Ele foi projetado e construído com o apoio do Instituto SENAI de Inovação para Tecnologias da Informação e Comunicação (ISI-TICs) de Pernambuco e possui duas versões, com um ou dois assentos, além de um compartimento de carga. Sua velocidade máxima é de 60 km/h, as baterias permitem uma autonomia de 100 km, com carga total, que dura de duas a três horas, e o preço estimado para a produção é de 3 mil euros.

Tendo em vista que se trata de um veículo destinado ao uso compartilhado, a própria estratégia de produção dos automóveis deve ser diferente da produção em larga escala para a posse privada. No primeiro momento o veículo será produzido em pequena escala no Parque Tecnológico de Eletroeletrônicos e Tecnologias Associadas de Pernambuco (Parqtel), onde a Serttel também se encontra instalada. O referido parque tecnológico é outra iniciativa do Governo do Estado de Pernambuco que busca agregar atores inovadores para catalisar relações entre empresas de base tecnológica no Estado, especialmente, em manufatura avançada. Esta primeira etapa produtiva visa atender às demandas de projetos e parcerias público-privadas voltadas para o compartilhamento de veículos elétricos. Contudo, segundo um dos sócios da empresa, caso a demanda aumente pode haver uma evolução em direção a criação de uma planta industrial.

Produzidos os veículos, uma primeira fase de testes está prevista para ocorrer no Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Trata-se, na realidade, da integração do projeto a um plano do Governo do Estado, lançado inicialmente em 2013, que busca transformar a ilha em uma referência internacional em termos de sustentabilidade. Denominado “Noronha Carbono Zero”, o plano busca transformar Fernando de Noronha em um modelo de economia circular, uma ilha com capacidade para gerar 100% de sua energia a partir de fontes renováveis e de baixa emissão de carbono.

Mais precisamente, o plano busca atrair empresas desenvolvedoras de inovações sustentáveis, integrando diversas tecnologias de baixo carbono em áreas como mobilidade, energia, resíduos, água, gestão sistêmica, educação, solo e urbanismo, a fim de neutralizar a emissão de carbono da ilha e criar um polo de demonstração de soluções sustentáveis. Entre

essas tecnologias encontra-se o sistema de compartilhamento de automóveis elétricos, a implantação de uma plataforma integrada de mobilidade e a transição para uma matriz energética renovável. A ilha já conta com 2 plantas de energia solar, operadas pela Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), com capacidade para atender cerca de 10% do consumo da ilha.

Espera-se atingir esta meta de carbono zero até 2030. Porém, diferente de uma política setorial para inovação, este plano não conta com subsídios fiscais ou investimentos públicos diretos, antes, busca incentivar a formação de arranjos inovadores que possam, através de modelos colaborativos, produzir soluções integradas de baixo carbono para os problemas atuais dos grandes centros urbanos, de forma que possam ser replicados em outros lugares. Isto é, trata-se de uma política que entende a integração entre diversas empresas e soluções como a melhor forma de responder a problemas complexos, como os ambientais. A iniciativa conta também com a participação de empresas norte-americanas, atraídas a partir da participação do Governo do Estado de Pernambuco como signatário do Under2 Coalition.

Assinado no ano de 2015, em Sacramento, Califórnia (EUA), trata-se de um memorando de entendimento entre múltiplos governos subnacionais comprometidos em manter o aumento da temperatura global abaixo dos 2 °C. Os principais objetivos da coalizão são desenvolver e implementar políticas climáticas que sejam consistentes com redução das emissões de gases do efeito estufa. Segundo dados da própria organização⁹³, Pernambuco é um entre os mais de 220 governos subnacionais signatários, que representam 1,3 bilhão de pessoas e cerca de 43% da economia global.

Novamente percebe-se uma instituição supranacional, articulada por esferas subnacionais, atuando de forma a produzir um mecanismo de indução à inovação, isto é, uma política de estímulo a mudança tecnológica em direção a alternativas menos poluentes e mais eficientes. Por alinhar-se a estes princípios, o Veículo Vamo busca encontrar no plano do Estado “Noronha Carbono Zero” um ambiente privilegiado para implementação do seu sistema de compartilhamento. Ambiente que não apenas configura um mercado incubado (JACOBSSON; BERGEK, 2004), em que a inovação pode ser testada e incrementada, mas pode

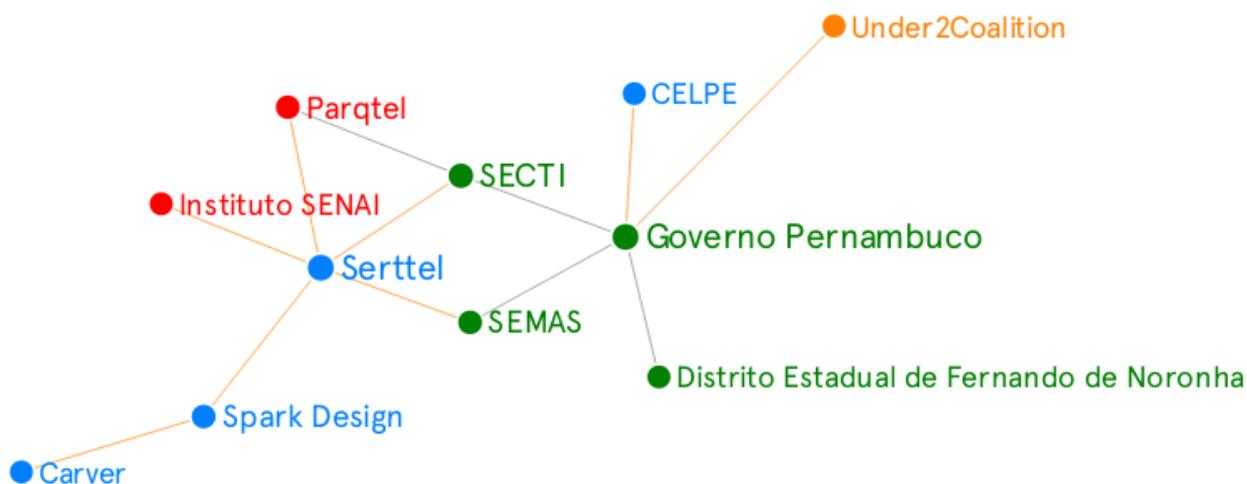
⁹³ Conforme: <https://www.theclimategroup.org/project/under2-coalition>. Acesso em 19/05/2019.

ser considerado uma verdadeira vitrine para a divulgação e legitimação da tecnologia, uma vez que a ilha é um dos mais importantes destinos turísticos do país.

Outro ator recorrente na rede de inovação (

Figura 6.9), que novamente atua de forma a orientar a direção da inovação, é a administração pública. Neste momento, porém, o Governo do Estado não atua no fornecimento de recursos e nem diretamente na formação do mercado, sua atuação principal é como um articulador da iniciativa. Ainda assim, a proximidade geográfica e social com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente, possibilitada pelo projeto do Carro Leve, e a atuação da Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação junto ao Parqtel fazem do Governo de Pernambuco um ator importante para o projeto.

Figura 6.9 – Rede de Inovação do Veículo Vamo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Empresa	● (azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (vermelho)
Administração pública	● (verde)
Organização não lucrativa	● (amarelo)
Ligações:	
Colaboração	— (laranja)
Burocrática	— (cinza)
Troca	— (azul)

Por seu turno, a produção e difusão de novos conhecimentos concentra-se no triângulo colaborativo entre Serttel, Spark Design e Instituto SENAI, com a Carver atuando na viabilização da tecnologia DVC. Configuração que se assemelha muito ao modelo de rede

small world (WATTS; STROGATZ, 1998), com os atores locais (Serttel, Instituto SENAI, Parqtel) apresentando uma densidade considerável com base em sua proximidade geográfica, social e institucional, e, por outro lado, uma certa conectividade com empresas estrangeiras detentoras de conhecimentos não redundantes (Spark e Carver).

Conforme ressaltado, esta mistura de densidade com conectividade é algo fundamental para a criação e difusão do conhecimento, pois a proximidade e a confiança reduziriam o grau de incerteza envolvido, ao passo que a conectividade possibilitaria o acesso a novas informações. A articulação dessa configuração contribui para a complementariedade da rede, pois conecta competências importantes para o desenvolvimento da inovação. De fato, o arranjo produzido logrou conceber um protótipo original e promissor em relação a mobilidade elétrica. Contudo, essa articulação de competências não foi suficiente para a comercialização e a difusão da inovação, pois essa muitas vezes depende da capacidade de agenciamento de atores vinculados a uma estrutura produtiva capaz de gerar economias externas positivas para a nova tecnologia.

Este agenciamento é extremamente importante, não apenas para a confluência de competências e interesses diversos, mas também para a obtenção de recursos e financiamentos necessários à organização da referida estrutura produtiva. No caso do Veículo Vamo, a ausência destes recursos, seja pela falta de uma política de financiamento específica, ou pela ausência de investidores de risco, tende a atuar como um mecanismo de bloqueio à implementação da inovação em uma escala comercial. Pois, neste terceiro momento da rede, apesar do aparente sucesso no desenvolvimento da inovação, não há uma figura como o Hapvida, patrocinador do Vamo Fortaleza, ou o Porto Digital para captar recurso do Ministério da Ciência e Tecnologia, no caso do Carro Leve.

Logo, trata-se de uma rede que, embora mais audaciosa em termos de desenvolvimento de novos veículos elétricos, parece ainda carecer de alguns elementos centrais para a implementação da inovação, principalmente no que se refere a esta fonte de financiamento. Segundo o relato de diretores da Serttel, este entrave financeiro seria devido à ausência de uma política pública mais clara em favor da mudança tecnológica. O que ampliaria o grau de incerteza vinculado a esta mudança e prejudicaria a atração de novos investimentos e atores para a rede.

No caso específico do Veículo Vamo, a expectativa voltava-se para uma política setorial, como o Rota 2030, mais favorável a mobilidade elétrica, mas também para

iniciativas subnacionais alinhadas com a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e propícias ao uso de formas alternativas de mobilidade. Logo, trata-se de uma expectativa de alinhamento institucional em duas frentes, na mobilidade elétrica e no compartilhamento de veículos. Apesar destes entraves, a Serttel e seus colaboradores seguem mobilizados para a produção sob demanda dos veículos elétricos, e igualmente atentos a possíveis novos atores que possam agregar competências a produção comercial e novas fontes de financiamento.

6.2.4. Impasses e avanços para os sistemas de compartilhamento de elétricos

Conforme mencionado, a eletrificação dos automóveis é uma novidade tecnológica com um grande potencial para revolucionar uma série de setores econômicos e cadeias produtivas, porém a proposta de um sistema público de compartilhamento de veículos elétricos envolve alterações ainda mais radicais na relação com os automóveis e com a mobilidade urbana. Tais alterações tendem a divergir do modelo de negócio convencional das montadoras, baseado na propriedade individual dos automóveis. Não por acaso a análise da Rede 2 aponta para a ausência de grandes montadoras tradicionais envolvidas nas iniciativas. Antes, percebe-se que o protagonismo é exercido, principalmente, por atores periféricos ao mercado automotivo, tais como empresas de tecnologia voltadas para a mobilidade urbana e por administrações subnacionais, como a Prefeitura de Fortaleza e o Governo do Estado de Pernambuco. Algo que ficará mais claro a seguir, quando a rede for analisada sincronicamente.

Logo, trata-se de uma inovação que precisa superar os desafios de seu desenvolvimento próprio, as vantagens comparativas da tecnologia estabelecida no mercado e a inércia de uma legislação que se encontra em disputa. Apesar disso, a análise dos mecanismos de bloqueio e indução à inovação revelaram importantes conquistas da rede em direção a regularização da tecnologia, alguns incentivos locais e certa legitimação, principalmente junto a instâncias supranacionais. Dentre os entraves mais relevantes superados no período encontram-se a homologação e o licenciamento dos automóveis elétricos junto aos órgãos regulatórios, a regulamentação da recarga pela ANEEL, e a superação da oposição inicial de categorias profissionais, como os taxistas de Fortaleza.

A análise evolutiva da rede, porém, demonstra que estas conquistas não ocorreram todas de uma só vez. Como toda inovação, seu caráter processual e retroativo possibilitou com que os desafios fossem encontrados e enfrentados gradualmente, transformando muitas vezes os resultados em algo diverso do planejado. Em comparação com as outras redes investigadas, trata-se de uma rede mais versátil e complexa, que busca estabelecer variadas ligações e desdobramentos na tentativa de suprimir a ausência de recursos e competências e superar os mecanismos de bloqueios encontrados.

O primeiro momento da rede é claramente em um microambiente controlado, é um momento de testes, onde a tecnologia é pela primeira vez experimentada e exposta. Conforme declarado pelos idealizadores do projeto, os objetivos são testar a novidade e demonstrar sua viabilidade para que seja aplicada em outras situações. Por mais despreziosa que pareça, esta primeira experiência possibilitou a formação de uma rede de inovação voltada para um sistema de compartilhamento de automóveis elétricos. Novas empresas, como a Serttel, institutos de pesquisa e administrações públicas passaram a se engajar na implementação dessa inovação. Ao enfrentar as dificuldades decorrentes e produzir soluções, estes atores não só desenvolveram uma dinâmica de aprendizado e aceitação em torno da inovação, mas viabilizaram um desdobramento da experiência em uma escala comercial, em outra localidade.

A rede então passou a se complexificar na medida em que os objetivos também se tornaram mais complexos. Novos atores se engajaram de forma a suprir algumas lacunas, como o caso da Hapvida e a necessidade de financiamento externo. Outros voltaram-se para a produção de conhecimento e estudos sobre o sistema, que de certa forma serviram para justificar e legitimar sua operação. Contudo, apesar da ampliação da expertise e da série de incentivos viabilizados pela Prefeitura de Fortaleza, a possibilidade de expansão do sistema de compartilhamento ainda esbarrava no elevado custo dos automóveis elétricos e do processo de importação.

O desdobramento seguinte da rede foi o desenvolvimento de um veículo elétrico próprio para ser utilizado de forma experimental na ilha de Fernando de Noronha. A ideia deste projeto, porém, é de viabilizar a execução de parcerias público-privadas para a implementação de sistemas compartilhados de automóveis elétricos, a partir da expressiva redução dos custos de compra dos automóveis elétricos. Neste momento, a rede passou a contar com a presença de importantes atores vinculados a produção de conhecimento e

desenvolvimento de novas tecnologias, porém os recursos para a produção em larga escala dos veículos foram comprometidos pela ausência de investimentos públicos ou privados.

Logo, é possível perceber os movimentos da rede ao longo do tempo e do espaço, de forma a buscar novos aliados e novas frentes para o seu desenvolvimento, o que acarreta também em novos desafios. Movimento que visa ao fortalecimento da rede por intermédio da inclusão de atores específicos que proporcionariam interações específicas com outros atores que não poderiam ocorrer se esse ator não estivesse presente (FERRARY; GRANOVETTER, 2009). Isso demonstra novamente o caráter processual e sistêmico da inovação, ressaltando a necessidade de produção de um arranjo de diferentes atores interdependentes com múltiplas competências para lidar com as diversas dimensões envolvidas no processo.

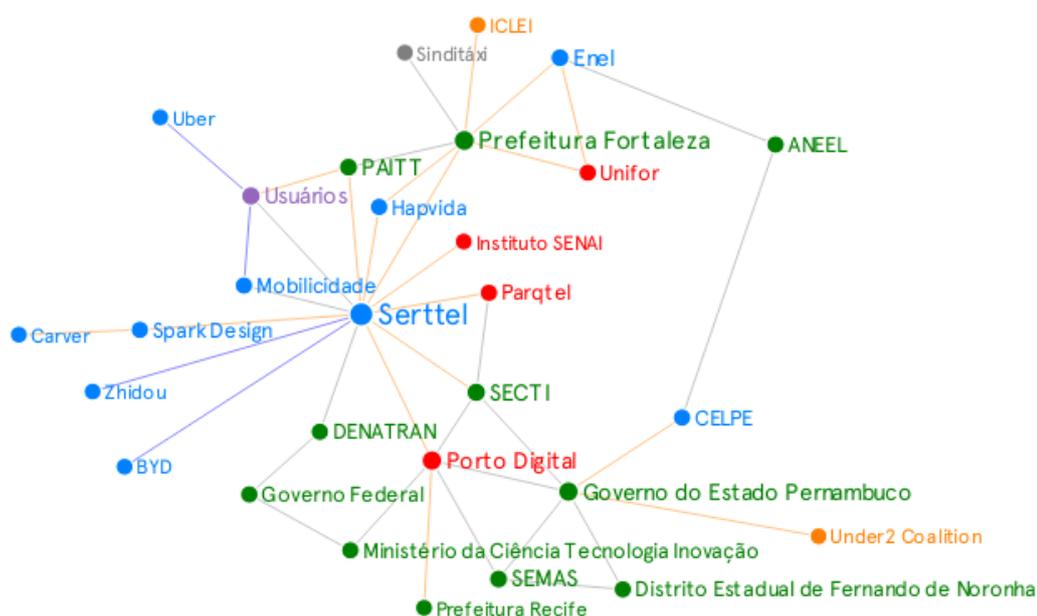
No presente caso, isso fica especialmente claro quando se observa o movimento da rede na busca por engajar novos atores capazes de contornar os obstáculos surgidos, como no caso da Spark Design para o desenvolvimento de um veículo próprio. Porém, a competência para identificar e atrair estes atores não é algo espontâneo, ela depende da aparente viabilidade da tecnologia, de um certo controle sobre o grau de incerteza e da capacidade de estabelecer conexões. Em relação a este último ponto, a mencionada proximidade geográfica e social dos atores é algo fundamental, principalmente na hora de identificar possíveis parceiros como os institutos de pesquisa, empresas de tecnologia e parques tecnológicos de Pernambuco.

Já as questões da viabilidade e da redução do grau de incerteza estão vinculadas, de maneira geral à legitimidade da inovação, mas de forma mais específica ao arranjo institucional do mercado e aos incentivos destinados à inovação neste momento formativo do mercado. Considerando os riscos envolvidos neste momento e as vantagens comparativas acumuladas pelas tecnologias concorrentes estabelecidas, a entrada de novos atores no segmento torna-se mais provável caso haja um sinal de estímulo claro, capaz de atenuar a incerteza envolvida. Este sinal pode ser uma política municipal permanente de redução de emissão de gases poluentes, como no caso da Prefeitura de Fortaleza, ou um conjunto de incentivos aos automóveis elétricos, que era esperada com o Rota 2030.

Ao observar a rede de inovação a partir da perspectiva sincrônica (Figura 6.10), chama a atenção a centralidade (com base no número de ligações) da Serttel na trama. Não por acaso, a empresa é um dos principais protagonistas da rede ao longo dos momentos

descritos, atuando como um *hub* de conexões, principalmente colaborativas, entre institutos de pesquisa, empresas e administrações públicas. Sob este mesmo critério de centralidade, a Prefeitura de Fortaleza, o Porto Digital e o Governo de Pernambuco também merecem destaque. Aliás, cabe lembrar que a dimensão dos nós na figura varia conforme o número de ligações.

Figura 6.10 – Perspectiva sincrônica da rede de inovação 2



Legenda	
Atores:	
Usuários	● (roxo)
Empresa	● (azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (vermelho)
Administração pública	● (verde)
Organização não lucrativa	● (laranja)
Associação profissional	● (cinza)
Ligações:	
Colaboração	— (laranja)
Burocrática	— (cinza)
Troca	— (azul)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro aspecto já apontado que chama a atenção na análise é a ausência de atores que, supostamente, deveriam ser importantes para uma mudança tecnológica como essa no setor automotivo, tais como as tradicionais montadoras de automóveis e fabricantes de autopeças. De fato, as únicas montadoras envolvidas são as chinesas Zhidou e BYD, ambas com uma história recente e voltadas mais diretamente à mobilidade elétrica. Mesmo estas empresas ocupam uma posição periférica na rede e são ligadas à trama por conexões mais efêmeras de troca comercial. Isto é, conexões que não necessariamente envolvem

intercâmbios no sentido do desenvolvimento da inovação e engajamentos na sua implementação.

Esta ausência das tradicionais montadoras, apesar das tentativas de atração relatadas pelos atores da rede, está ligada ao comportamento ambíguo das montadoras no mercado automotivo nacional em relação ao automóvel elétrico (Capítulo 5), mas também ao caráter desafiante deste modelo de compartilhamento elétrico na ordem econômica.

A gente conversou com muitas montadoras, quase todas para viabilizar os nossos projetos e todas elas estão tratando isso como *cases* de estudo, algumas apontam 20 anos, outras falam no absurdo de 80 anos, para mudar o mercado. Tem gente que acha que a realidade não muda, não muda em nada entre 20 e 80 anos, isso é loucura. É a sensação mesmo de poder, uma empresa que fatura bilhões, né, ela tem dificuldade interna de reconhecer que o modelo dela acabou. Então, a gente não tem introdução de montadoras de carros elétricos no Brasil, o que vem de fora entra com este efeito aí, do carro ser conceitualmente um carro muito caro (Diretor Sócio da Serttel, Recife, 2017).

Pois, o que está em jogo não é apenas a eletrificação dos automóveis individuais, mas a implementação de um sistema público que questiona a necessidade de toda unidade familiar de classe média ter um automóvel de 800 kg a 2 t, com uma autonomia de 600 km, para transportar 120 kg, em média, por 26 km por dia (MACARTHUR, 2015). Isto é, um sistema que passa a encarar o automóvel não mais como uma propriedade, um símbolo de status e distinção social, mas como um serviço a ser utilizado por todos, uma máquina que deve ter alta taxa de ocupação e ser o mais eficiente possível.

Portanto, a transformação vai além da eletrificação do sistema de propulsão dos automóveis, tendo como protagonistas empresas de mobilidade, administrações municipais e parques tecnológicos interessados em tecnologias da informação, gerenciamento de dados sobre mobilidade e internet das coisas. Em consequência, os atores engajados na inovação têm que lidar com dificuldades culturais evolucionadas, mas também com a falta de interesse dos atores estabelecidos arranjo e com as resistências impostas pela regulação do mercado, que tende a atender à tecnologia vigente.

Porém, nem toda a regulação atua como um entrave à inovação. A rede possui alguns atores políticos engajados na implementação do sistema, como no caso da Prefeitura de Fortaleza, de forma mais direta, e o Governo de Pernambuco, através de suas Secretarias. Este engajamento tornou possível uma série de políticas que facilitaram a utilização dos

automóveis elétricos no lado da demanda (vagas exclusivas, campanhas promocionais) e criaram condições especiais para o desenvolvimento e introdução da tecnologia no lado da oferta (editais específicos, promoção de parcerias para estudos e articulação de arranjos para aproximação de atores).

Não é coincidência o fato destes atores políticos estarem ligados de forma colaborativa a instâncias supranacionais cujos objetivos principais são a promoção de economias de baixo carbono, a sustentabilidade ambiental e a redução na emissão de gases do efeito estufa. Ao integrarem iniciativas como o ICLEI e Under2Coalition, estas administrações passam a empenhar-se com metas e metodologias voltadas para estes objetivos, o que estimula a aplicação de regulações que favoreçam tecnologias menos poluentes, como os automóveis elétricos (alinhamento institucional). Regulações estas que se mostraram cruciais para a formação inicial de um mercado para os automóveis elétricos.

No plano federal os principais incentivos em termos de indução da inovação são indiretos. Um deles foi o recurso para parques tecnológicos do MCTI que viabilizou o projeto do Carro Leve durante um período. O outro, de maior abrangência e que também será observado de forma mais específica na seção seguinte, ocorreu através do Programa de P&D da ANEEL, um programa que determina que as empresas concessionárias de distribuição, geração e transmissão de energia apliquem, anualmente, um percentual mínimo definido de sua receita operacional líquida (ROL), na realização de projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Por seu turno, algumas concessionárias, como a Enel e a Celpe, acabam investindo esse percentual em pesquisas voltadas para a mobilidade elétrica.

Em resumo, com base nas análises realizadas torna-se possível atestar a complexidade da rede, com seus variados atores interdependentes articulando seus interesses em todos os momentos do processo inovativo. Ainda assim, a ausência de relações de colaboração com montadoras de automóveis tornou o desenvolvimento e a comercialização da inovação uma tarefa mais árdua, não apenas pelas competências vinculadas à montagem e à produção dos automóveis, mas também devido estrutura produtiva necessária para a produção em larga escala, o que tende a elevar o grau de incerteza vinculado ao projeto. Isso reforça a ideia da complementaridade da rede, expressa na interdependência dos papéis desempenhado por certos atores na rede a partir das conexões. Ao cabo, a rede teve que desenvolver estas competências e estruturas por intermédio de empresas de tecnologia, institutos de pesquisa e inovação.

Outra característica relevante da rede, para o seu desempenho, é a presença de atores políticos que viabilizaram o alinhamento institucional em instâncias supranacionais e subnacionais, inclusive com administrações locais diretamente engajadas na inovação, promovendo alterações nas regulações locais do mercado. Porém, o alinhamento em nível nacional ocorre de forma indireta e descontínua, o que aponta para a ausência de uma política coerente e coordenada, fruto do referido posicionamento vago do Estado em relação à transição tecnológica, e acaba por atuar como um entrave a implementação da inovação. Percebe-se, com isso, que há suficiente dissonância na rede para produzir novidades e pressionar os papéis estabelecidos dos atores no mercado, porém, não há ainda a complementariedade necessária para fazer valer os desdobramentos futuros da rede e articular as diferentes competências e recursos fundamentais para a inovação. Aspecto central para robustecer a rede de inovação e torná-la capaz de lidar com mudanças externas e choques competitivos (FERRARY; GRANOVETTER, 2009).

Logo, trata-se de uma rede mais complexa em termos de articulação de diferentes interesses, menos dependente de um ator central, como no caso da Rede 1, e mais versátil em sua atuação e na alteração de regulações de mercado, principalmente em nível local. Porém, uma rede cuja complementariedade é prejudicada pela falta de competências e recursos necessários para a produção em escala comercial do veículo elétrico próprio, para fins de uso compartilhado.

6.3. REDE 3 – LABORATÓRIO DE MOBILIDADE URBANA

A terceira rede de inovação analisada envolve as ações e parcerias realizadas a partir da constituição de um laboratório de mobilidade elétrica, no âmbito do projeto Emotive, um projeto inscrito no Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL e alguns desdobramentos realizados a partir destas parcerias. Conforme mencionado antes, o Programa P&D ANEEL determina que as empresas concessionárias de distribuição, geração e transmissão de energia apliquem, anualmente, um percentual mínimo definido de sua receita operacional líquida (ROL), na realização de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

Criado pela Lei nº 9991/00, com objetivo de gerar investimentos que estimulassem inovações relevantes para o setor elétrico brasileiro e, por consequência, benefícios e

melhorias para as empresas e para a sociedade, o referido programa acabou atuando de forma a impulsionar diversas iniciativas de demonstração, possíveis aplicações tecnológicas e avaliação de impactos voltadas para o automóvel elétrico no Brasil. Um dos projetos mais abrangentes neste sentido foi o projeto Emotive da CPFL, inscrito em 2013 com o título “Mobilidade elétrica – inserção técnica e comercial de veículos elétricos em frotas empresariais da Região Metropolitana de Campinas”.

6.3.1. O Projeto Emotive

Parte do potencial disruptivo do automóvel elétrico é devida aos possíveis impactos de sua aplicação em diversos setores da economia. Por seu turno, estes possíveis impactos estão também relacionados a algumas barreiras à sua implementação. Dentre os fatores mais comumente destacados, a questão da autonomia dos automóveis e da estrutura da rede de recarga aparecem como entraves que elevam a incerteza vinculada à mudança tecnológica e dificultam sua difusão. Tendo em vista estes possíveis impactos e dificuldades, a distribuidora de energia de São Paulo, CPFL Energia, inscreveu o projeto Emotive junto ao Programa P&D da ANEEL. O objetivo do projeto é a criação de um laboratório de mobilidade elétrica para a realização de estudos sobre as diversas aplicações e implicações da tecnologia, bem como proporcionar a formação de uma cultura de mobilidade elétrica para a Região Metropolitana de Campinas.

Além dos estudos e relatórios gerados, umas das principais consequências da iniciativa foi a instalação de um dos primeiros corredores intermunicipais para veículos elétricos no Brasil, o sistema rodoviário Campinas – Jundiaí – São Paulo. Com mais de 10 pontos de recarregamento espalhados ao longo de 100 km, o corredor é fruto de uma parceria da CPFL com a Rede de postos Graal e com diversas outras empresas e institutos de pesquisa da região. A parceria contou também com a participação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), e da empresa Daimon Engenharia, e produziu uma série de relatórios e estudos sobre a rede de distribuição de energia, modelos de tarifação e cobrança, requisitos técnicos e condições de segurança para instalação de eletropostos, contribuindo, assim, para a minimização de potenciais bloqueios à inovação.

O projeto está centrado na criação de um laboratório de mobilidade, com o apoio de entidades públicas e privadas, voltado para a coleta de dados sobre as diversas aplicações e implicações da tecnologia, cuja análise possibilita testar seus impactos nas redes de distribuição, propor modelos de negócio, propostas regulatórias e tarifárias. Um segundo objetivo do projeto é a criação de uma “cultura em Mobilidade Elétrica para a Região Metropolitana de Campinas e para o país”. Percebe-se com este objetivo que a concepção de inovação empregada no projeto abrange o contexto em que a inovação se insere como algo relevante para o processo de implementação da mobilidade elétrica no Brasil.

Neste sentido, o projeto envolve a realização de estudos que avaliem os impactos da ampliação da frota de automóveis elétricos na rede elétrica e supostos gargalos tecnológicos (HUGHES, 1983), como ausência de energia disponível, ou capacidade instalada das redes de distribuição. Além disso, o projeto envolveu também a elaboração de estudos e propostas para regularização de práticas, como recarga e venda de energia, que contribuiriam para a formação de um ambiente propício ao desenvolvimento da mobilidade elétrica. Em outras palavras, o projeto visa, entre outras coisas, levantar dados sobre mobilidade elétrica e construir argumentos que fundamentem a mudança nos entendimentos compartilhados sobre os automóveis elétricos e nas regulações formais relativas à recarga destes.

Com um investimento estimado de R\$ 21,2 milhões, o projeto contou com cerca de 25 postos de recarga espalhados pela região metropolitana de Campinas e mais de 16 automóveis elétricos de diferentes marcas e modelos (Renault Kangoo, Zoe e Fluence; BYD e6; Think; e BMW i3). Estes automóveis foram utilizados em frotas corporativas de empresas parceiras (Natura, Bosch, 3M, Sanasa), com a finalidade de coletar dados em tempo real sobre o desempenho dos automóveis, o comportamento dos usuários e os impactos sobre a rede de distribuição de energia. Entre os resultados mais relevantes da pesquisa encontram-se as estimativas sobre a capacidade da rede elétrica nacional de comportar a inserção gradual dos automóveis elétricos ao Sistema Interligado Nacional (SIN), a maior eficiência dos automóveis em termos de valor gasto pelo usuário por quilômetro rodado e a menor emissão de CO₂ por quilômetro rodado.

Segundo os dados levantados pelo Projeto, o impacto dos veículos elétricos na rede, considerando a tecnologia de *smart grid*⁹⁴, provocaria um aumento na demanda do sistema

⁹⁴ Tecnologia que permite, entre outros, adequar a recarga dos veículos aos momentos de menor carga no sistema de transmissão e distribuição.

entre 0,6% a 1,6%, em 2030, quando estima-se que a frota de veículos elétricos esteja entre 4 milhões a 10,1 milhões de unidades (o que representa entre 4% e 10% da frota atual). Ou seja, não é por falta de fornecimento de energia que esta mudança tecnológica não poderia ocorrer gradualmente. Os testes de recarga realizados na rede da concessionária também apontaram para problemas pontuais, conhecidos e superáveis com investimentos convencionais. Além disso, dados sobre os hábitos dos usuários mostram que a questão da autonomia dos veículos não é necessariamente um gargalo tecnológico, uma vez que a média dos quilômetros rodados por dia, por usuário, foi cerca de 25 km e a grande maioria das recargas eram feitas nas casas dos usuários.

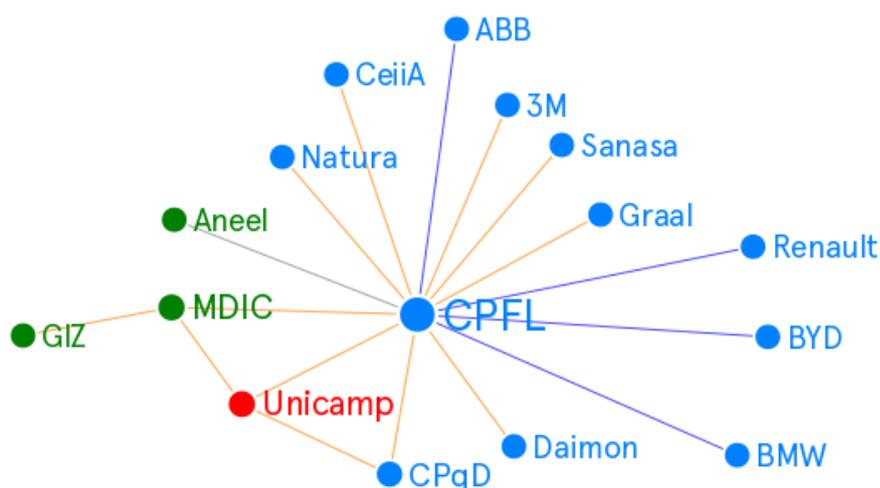
Estas estimativas auxiliam na desmistificação de potenciais empecilhos à difusão e aceitação dos automóveis elétricos no contexto nacional. O que possibilita e fomenta a produção de políticas tecnológicas e regulatória específicas, como de fato ocorreu no caso da regulamentação da recarga de veículos elétricos, realizada por meio de audiência pública nº 29, aberta pela ANEEL em 2017. Até então, os únicos entes jurídicos com concessão para vender energia elétrica para os consumidores finais eram as empresas distribuidoras de energia.

A referida audiência foi antecedida por uma consulta pública (02/2016) e contou com a participação de 34 representantes de diversos segmentos além das empresas de distribuição de energia (empresas de geração de energia elétrica, do setor de combustíveis, fabricantes de componentes, como WEG, Serttel, ABB, associações, centros de pesquisa e conselhos de consumidores). Esta audiência deu origem à Resolução Normativa 819/2018 da ANEEL, que resolveu pela permissão a qualquer interessado a realização de atividades de recarga de veículos elétricos, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados, o que foi chamado de recarga pública.

Então, coisa muito importante no mercado. A iniciativa privada pode investir, por exemplo, colocando posto de recarga pública no meio da rua e quando ela vende esse evento de recarga, ela está vendendo um evento de recarga ou ela está vendendo energia? Se o entendimento é que ela vende energia, isso fere o marco regulatório de concessão da distribuidora local. Então, a gente discutiu evoluções dentro do projeto, evoluções do ponto de vista regulatório para que permitissem que o empreendedor possa, pelo menos, investir em... E tenha um negócio, em relação a questão da infraestrutura. Porque a gente entende que isso é necessário para a evolução do mercado, para a inserção de um maior crescimento da frota. Então, a gente discutiu aperfeiçoamentos regulatórios que permitissem a evolução do modelo e de crescimento dessa nova modalidade de mobilidade (Diretor de Estratégia e Inovação da CPFL, Campinas, 2017).

Outro resultado do projeto foi a instalação do primeiro corredor intermunicipal para veículos elétricos do Brasil, com pontos de recarga públicos em ambos os sentidos na Rodovia Bandeirantes (SP). Tendo em vista que o projeto buscou avaliar diversos perfis de utilização, bem como os impactos dos diferentes tipos de carregadores na rede, foram estabelecidas parcerias com empresas fornecedoras de materiais elétricos, concessionárias de rodovias e empresas de abastecimento para a instalação de uma infraestrutura de recarga que possibilitasse observar todos estes tipos de experiência. Este estudo teve como objetivo estimular não apenas os usuários a partir de uma infraestrutura de recarga básica, mas também as empresas, potenciais entrantes na rede de inovação, interessadas na instalação e exploração das redes de carregamento como um novo nicho de mercado.

Figura 6.11 – Rede de inovação do projeto Emotive



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda	
Atores:	
Empresa	● (azul)
Instituto de pesquisa e ensino	● (vermelho)
Administração pública	● (verde)
Ligações:	
Colaboração	— (amarelo)
Burocrática	— (cinza)
Troca	— (azul)

Centrada na atuação da CPFL como principal articuladora da iniciativa, a rede de inovação do projeto Emotive (Figura 6.11) voltou-se para a realização de estudos que

buscassem contribuir para a formação de uma cultura da mobilidade elétrica. Isto é, estudos sobre os impactos no sistema de energia, o comportamento dos usuários e o desempenho dos automóveis elétricos, a fim de confrontar argumentos contrários à mobilidade elétrica e difundir novos entendimentos compartilhados. Para tanto, a CPFL estabeleceu ligações de troca comercial com as montadoras para adquirir os automóveis elétricos, parcerias com empresas alinhadas à ideia de desenvolvimento sustentável para utilizar os automóveis e apoiar as pesquisas, e ligações de colaboração com empresas de pesquisa e consultoria (CpqD e Daimon) e com a Unicamp para o desenvolvimento dos estudos.

Estas parcerias acabaram por impulsionar o desenvolvimento de um conjunto de pesquisas voltadas para a mobilidade elétrica e a consolidação da Unicamp como uma das instituições que mais publicou artigos científicos sobre o tema nos últimos anos (CONSONI et al., 2018). O reconhecimento desta competência veio com o convite para grupos de pesquisa da universidade integrarem o projeto de cooperação técnica, PROMOB-e, executado pelo MDIC em parceria com o Ministério Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Um projeto voltado para auxiliar o Brasil a alcançar sua meta global de redução de emissão de gases de efeito estufa, estabelecida após a conferência climática de Paris (COP21).

6.3.2. A importância do P&D ANEEL

A análise da Rede de Inovação do Emotive demonstra a centralidade da CPFL no projeto, porém, cabe ressaltar que a principal fonte de financiamento, assim como outros projetos relacionados a empresas do setor elétrico, mencionados ao longo desta pesquisa, é o Programa P&D da ANEEL. Por suas características o programa pode ser considerado uma política tecnológica, pois fomenta o desenvolvimento de projetos de pesquisa e a produção de soluções tecnológicas em temas-chaves para o setor energético. Por outro lado, o programa articula formas de intervenção financeira, uma vez que obriga as empresas do setor energético a aplicarem um percentual relativo de suas receitas (0,4% da Receita Operacional Líquida), a título de compensação por uso dos recursos hídricos na geração de energia elétrica, em projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia. Logo, trata-se

uma política alinhada ao desenvolvimento de inovações no setor elétrico e, de forma indireta, ao automóvel elétrico.

Outra característica relevante do Programa é a atribuição da agência reguladora (ANEEL), que se restringe à administração da aplicação dos recursos, à implementação de regulamentos adicionais, à indicação de temas-chaves para pesquisa e ao fornecimento de dados de cadastro e parâmetros técnicos (SANTOS, 2016). Isso faz com que as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas que atuam na produção, distribuição e transmissão de energia elétrica tenham liberdade para estabelecer convênios e outras medidas de cooperação com Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidades e outras empresas para a realização de projetos. Além disso, as empresas proponentes têm autonomia na aplicação de valores e na definição de temas específicos, fase da cadeia de inovação do projeto e tipo de produto, cabendo à agência reguladora a avaliação final dos resultados obtidos e a fiscalização da execução dos projetos propostos.

Neste sentido, a intermediação da política ocorre no âmbito de um projeto de pesquisa definido, cujo papel de principal articulador cabe às empresas proponentes e executoras. Desta forma, cabe a empresas como a CPFL estabelecer as conexões com as outras entidades e coordenar as intersecções de forma a alcançar os resultados esperados no período proposto. Esta configuração possibilita um elevado grau de autonomia às empresas proponentes e tende a manter as tensões entre diferentes atores relativamente estáveis, o que favoreceria um comportamento conservador das empresas, próximo a suas zonas de conforto.

Uma das principais críticas formuladas em relação ao Programa aponta para o grande número de projetos que não seriam efetivamente projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, sendo em sua maioria projetos que teriam um viés gerencial, e não propriamente projetos de inovação tecnológica (POMPERMAYER; DE NEGRI; CAVALCANTE, 2011). Contudo, a partir de 2008 foram aprimorados os sistemas de acompanhamento, validação e aprovação dos projetos por meio das Resoluções Normativas nº 318/2008 e 504/2012. Em conformidade com essas alterações na legislação, a agência elaborou uma nova versão do Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), em que prevalecem regras mais robustas para a formulação de respostas aos desafios apontados. Desde então, o foco em gargalos

tecnológicos, definidos em conjunto com empresas, academia e ICTs, também tem se mostrado mais presente nos projetos (SANTOS, 2017).

Segundo dados da ANEEL (2017), as alterações regulamentares deram início à segunda fase do programa, pós 2008. Esta fase é marcada por uma redução no número total de projetos, pelo aumento no custo médio dos projetos, ou seja, projetos maiores e mais ambiciosos, e por um maior número de projetos voltados para produtos tangíveis (material ou substância; componente ou dispositivo; máquina ou equipamento), em detrimento dos produtos intangíveis (conceito ou metodologia; software ou algoritmo; sistema). Na primeira fase (2000 a 2007), o percentual de projetos voltados para o desenvolvimento de produtos tangíveis foi de 22%, na segunda (2008 a 2017) este valor subiu para 35%.

Apesar destas importantes contribuições para implementação da mobilidade elétrica no contexto nacional, cabe refletir sobre a efetividade do Programa P&D ANEEL, enquanto um mecanismo de indução à inovação. Embora atue como uma das principais fontes de financiamento à inovação e transforme o setor elétrico em uma das vanguardas nacionais em termos de geração de conhecimento sobre mobilidade elétrica, sua atuação indireta não garante a captação de recursos necessários para elevar o automóvel elétrico a um patamar de independência em relação a esses nichos controlados de mercado. O que torna esta política interessante em termos de desenvolvimento difuso de conhecimento e tecnologias, porém distante de uma política contínua, coordenada e abrangente, capaz de estabelecer uma direção tecnológica clara e reduzir as incertezas vinculadas ao processo. Características essenciais para uma mudança tecnológica desta gravidade e dimensão, com tecnologias concorrentes muito bem estabelecidas, que usufruem de diversas vantagens estruturais, econômicas e culturais em relação ao sistema de compartilhamento de veículos elétricos.

No caso do projeto Emotive, apesar de iniciado após a reformulação do P&D Aneel (2013), a crítica da ausência de uma inovação tecnológica como escopo, no sentido do desenvolvimento de um novo aparato ou um novo processo produtivo, soma-se ao enfoque na resolução de gargalos operacionais próprios, em vez do desenvolvimento de bens de mercado. Pois, de fato, trata-se de uma pesquisa aplicada voltada para o desenvolvimento de metodologias e conceitos que auxiliem na avaliação dos impactos relativos às tecnologias relacionadas à mobilidade urbana elétrica.

Contudo, cabe ressaltar que essa crítica possui limites, pois a inovação é um processo que não depende exclusivamente do desenvolvimento da tecnologia e de produtos tangíveis,

mas envolve dinâmicas de aprendizado e capacitação na comercialização, utilização e difusão da novidade tecnológica (Capítulo 2). Dinâmicas essas que não ocorrem de forma espontânea, pois dependem da articulação de recursos, competências e saberes (FERRARY; GRANOVERTER, 2009) para superar toda sorte de bloqueios à inovação, sejam eles institucionais, culturais, legais ou vantagens de custos consolidadas (TRIGILIA, 2007).

Ainda assim, um possível aprimoramento do programa talvez envolva outras formas de intermediação nos projetos. Isto é, a obrigatoriedade de as empresas do setor energético serem os agentes centrais da execução dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia pode favorecer o comportamento conservador e a preferência por gargalos operacionais e produtos intangíveis. Como propõe Santos (p.419, 2017), “talvez seja mais coerente que tais agentes continuem sendo os definidores de desafios, gargalos e temas prioritários, mas que a parte de execução e formulação de objetivos ousados de inovação e ganhos de mercado seja deslocada conforme a demanda”. Em outras palavras, uma política que favoreça o surgimento de novas e constantes tensões nas interseções entre atores de diferentes naturezas, a fim de evitar que estas se acomodem em seus papéis pré-estabelecidos.

Logo, percebe-se com esta crítica que a questão da centralidade das empresas proponentes como principais articuladoras das iniciativas, definidoras dos desafios e executoras dos projetos pode representar um comportamento pouco ousado dos integrantes em relação aos objetivos do projeto e aos desdobramentos futuros. Para usar os termos mobilizados na pesquisa em tela, o P&D Aneel tenderia a favorecer uma articulação pouco complexa dos interesses dos atores envolvidos na rede.

De fato, a rede de inovação do Projeto Emotive configura-se como uma articulação pouco complexa, com a CPFL ocupando uma posição central na rede e sendo a principal responsável por estabelecer as ligações com os demais atores. Isso ocorre, pois o mais importante mecanismo de indução à inovação da rede, o alinhamento a política tecnológica do P&D Aneel, centraliza a definição de objetivos e metas na CPFL. Essa articulação unilateral dificulta a emergência de interesses dissonantes e desdobramentos posteriores em direções não previstas. Inclusive, dificultando a entrada de novos atores na rede, uma vez que o projeto já se encontra escrito, orçado e passível de aprovação. Cabe ressaltar, um dos poucos desdobramentos externos ao Projeto Emotive na rede é a participação da Unicamp no

desenvolvimento de estratégias e políticas públicas para a promoção de sistemas de propulsão eficiente, no âmbito do PROMOB-e.

Por outro lado, considerando os objetivos estabelecidos no projeto, a rede articula variadas competências e conhecimentos de forma a produzir uma complementariedade significativa. Os diversos atores conectados acabam por gerar resultados importantes para legitimar a mudança tecnológica e embasar algumas transformações nos entendimentos compartilhados e nas regulações do setor. Porém, seu caráter determinado e restrito distancia-se de uma configuração que permita uma continuidade capaz de estabelecer uma direção tecnológica clara e reduzir as incertezas vinculadas ao processo.

* * *

A análise das redes de inovação abordadas no capítulo revela diferentes configurações de atores engajados em distintas iniciativas. O principal ponto em comum entre elas é a dificuldade ofertada pelo arranjo de instituições que regulam o mercado automotivo brasileiro, a começar pelo posicionamento vago do Estado nacional em relação à transição tecnológica, com políticas esparsas e pouco claras, que favorecem o comportamento ambíguo das montadoras dependentes de centros de decisão externos.

Apesar deste quadro, mais ou menos geral, as iniciativas investigadas lograram alguns êxitos no desenvolvimento e implementação do automóvel elétrico no contexto nacional. Entre esses, destaca-se a montagem de protótipos elétricos inéditos, a produção nacional da bateria de sódio, a montagem e utilização corporativa de modelos importados, o fortalecimento da rede de fornecedores domésticos de componentes elétricos, o desenvolvimento e implementação de sistemas de compartilhamento de automóveis elétricos em escala comercial e a instalação de uma infraestrutura básica de recarga em algumas regiões.

Contudo, a implementação destas novidades no contexto nacional, mesmo em caráter experimental e demonstrativo, como alguns casos, só foi possível em decorrência da realização de mudanças nas formas de regulação dos mercados (WEBER, 2009). Por seu turno, a alteração destas formas de regulação dependeu do conjunto de esforços articulados

das redes de inovação e de sua capacidade de fazer uso dos mecanismos de indução e superar os entraves (JACOBSSON; BERGEK, 2004) postos pela ordem estabelecida.

Conforme visto, parte dessas mudanças nas formas de regulação do mercado ocorreu no nível local e de forma temporária, outras, porém, são de âmbito nacional e dificilmente serão revertidas. Por exemplo, a homologação dos equipamentos e a regularização dos automóveis nos órgãos de fiscalização e licenciamento, a regulação da recarga elétrica e a redução na alíquota do IPI para veículos elétricos são alterações conquistadas com apoio da articulação das redes.

Apesar de grande parte dessas alterações interessar às redes investigadas, isso não significa que as três foram igualmente bem-sucedidas na realização de seus objetivos e na implementação da inovação. Pelo contrário, percebe-se que capacidade destas iniciativas para alcançar seus objetivos depende de alguns fatores relevantes na configuração das redes de inovação, como o grau de articulação de interesses, naquilo que foi chamado de complexidade da rede, e o grau de articulação de competências, a complementariedade da rede (FERRARY; GRANOVETTER, 2009).

Na análise foi possível observar que redes robustas e complementares, mas com baixa complexidade de articulação de interesses, como a Rede 1, fomentam diversas parcerias e projetos de pesquisa voltados para o desenvolvimento da inovação, porém, a ausência de interesses comerciais tende a limitar as possibilidades de produção direta de um produto para o mercado. Já redes versáteis e complexas, mas com lacunas nas competências necessárias para a produção da inovação, como a Rede 2, estabelecem variadas ligações e desdobramentos na tentativa de suprimir a ausência de recursos ou expertise. No caso investigado, porém, essas tentativas esbarram no baixo interesse e no comportamento ambíguo das empresas detentoras destas competências, que acabam optando por estratégias menos arriscadas. Por fim, redes articuladas em torno de um nó principal, que define de forma unilateral os objetivos da rede, como a Rede 3, tende a limitar-se aos interesses propostos por esse ator.

7. CONCLUSÕES

A questão central que fundamenta a discussão deste estudo refere-se ao conceito de inovação. Tratada como panaceia moderna para todas as gestões, o conceito encerra, na verdade, uma complexidade muito maior do que apontam as leituras simplistas e lineares sobre o tema. Essa complexidade é expressa nas dinâmicas de resistência e negociação envolvidas nos processos de produção social do automóvel elétrico, investigados ao longo do texto, e na série de consequências impremeditadas que se estabelecem a partir da relação entre a novidade e o contexto em que ela se insere. Isso se aproxima dos argumentos de diferentes autores, como Rogers (1995), Akrich, Callon e Latour (2002), Block (2011), Oliveira (2008) e Ferrary e Granovetter (2009), sobre a complexidade dos processos de inovação. A formulação proposta, na presente tese, busca avançar em relação aos enfoques usuais sobre inovação ao ressaltar o papel das redes de inovação nos mercados concretos e fornecer uma perspectiva capaz de abarcar as dinâmicas de interação dos envolvidos nos processos de inovação e as suas relações com o contexto e a ordem estabelecida.

O recorte proposto, com base no conceito de inovação econômica, restringe a introdução da novidade ao contexto econômico, isto é, limita a análise às mudanças nas necessidades que venham a satisfazer, nos bens e serviços que venham a produzir, ou nos modos de produção, distribuição e de uso que venham a alterar. Logo, trata-se de novidades que se desenrolam e afetam diretamente os mercados, espaços concretos de relações sociais estruturadas, em que se realiza a distribuição de um determinado bem ou serviço por intermédio de troca comercial. No caso do automóvel elétrico, um novo aparato com potencial para alterar os processos produtivos, as formas de consumo e distribuição e as posições em disputa no mercado.

Todavia, foi visto que a inserção desta novidade depende, não apenas de fatores técnicos e econômicos, mas também da produção de novas regras, normas, hábitos e costumes. Em outras palavras, depende também da produção de novas formas de regulação do mercado, que tornem possível o desenvolvimento, a comercialização, a difusão e a utilização da inovação. Nesse sentido, a produção social do automóvel elétrico envolve mudanças na ordem social, capaz de tornar viável sua implementação.

Por seu turno, essa alteração nas formas de regulação não ocorre de maneira espontânea ou a partir de um simples gesto de vontade de um inovador individual, ela depende, antes, de uma ação coordenada de atores interdependentes, heterogêneos, com capacidades e recursos complementares, aptos a atuarem em diversos âmbitos e momentos do processo de inovação. Conforme visto, essa trama de atores sociais heterogêneos, interligados pela introdução da novidade em um arranjo institucional de mercado, foi denominada rede de inovação.

Logo, sugeriu-se uma relação entre as redes de inovação, com suas diferentes configurações, e as alterações nas normas e hábitos dos mercados, necessárias para a implementação das inovações. Relação, essa, intermediada por mecanismos de indução e bloqueio à inovação e influenciada pelas dinâmicas de articulação das redes face aos arranjos dos mercados. Com isso, percebeu-se, a partir da análise das redes, que as formas como os atores das redes articulam seus recursos, competências e interesses são centrais para a superação de barreiras e para a construção de contextos mais favoráveis à inovação.

A articulação de diferentes competências entre os atores das redes comprovou ser uma dinâmica importante para a processo de produção social da inovação. Devido à complexidade do processo, com seus diferentes momentos e especificidades, a busca por recursos e saberes complementares se mostrou fundamental para o desenvolvimento e comercialização da inovação, como no caso das Redes 1 e 2, onde os atores procuraram estabelecer ligações com atores distantes na busca por competências necessárias para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao automóvel elétrico. Dinâmica, essa, que acabou sendo impulsionada pela entrada e atuação de novos atores na rede.

Por outro lado, a complementariedade de competências verificou-se fundamental, também, para a difusão e a utilização da inovação, pois foi a participação de atores com diferentes saberes, recursos e conexões que possibilitou a alteração de algumas formas de regulação, de maneira a favorecer mecanismos de indução à inovação, como o alinhamento institucional conquistado na Rede 2 por atores da administração pública municipal, ou o aumento da legitimidade, buscado na Rede 3 com a realização de estudos sobre o desempenho e os impactos dos automóveis elétricos no sistema de energia.

Apesar de constatada a relevância da complementariedade de competências para a inovação, a análise dos casos investigados revelou que essa dinâmica não é suficiente para o processo. Antes, a produção social da inovação depende, também, da dinâmica de

articulação de interesses variados, na rede, para sua implementação. Isso ficou especialmente evidente no caso da Rede 1, em que a dinâmica de articulação de competências possibilitou o desenvolvimento, a montagem em larga escala e a utilização dos automóveis elétricos, bem como a elaboração de novas regulações formais sobre a utilização e comercialização dos elétricos, mas não garantiu a produção em escala comercial da inovação. Nesse caso, a ausência de interesses comerciais por parte do maior articulador da rede (Itaipu Binacional), somado a um comportamento ambíguo das montadoras de automóveis presentes no mercado, resultou em processo com efeitos importantes em termos de desenvolvimento de tecnologia, competências e alterações nas regulações referentes à inovação, porém, um processo carente de uma proposta de comercialização, capaz de viabilizar a difusão do automóvel elétrico em larga escala.

Assim como no caso anterior, a análise da Rede 3 também apontou para a importância da articulação de interesses diversos para a inovação. Ainda que a referida rede tenha se articulado de forma a conectar diferentes atores e competências complementares, na busca por seus objetivos intangíveis, voltados principalmente para a utilização e difusão do automóvel elétrico, os objetivos limitaram-se aos propostos na origem do projeto de P&D. Isso ocorreu, principalmente, porque a rede se articulou em torno dos interesses de um nó central (CPFL Energia), que acabou por definir e controlar os objetivos e as metas das parcerias desde o início. Essa predominância de interesses específicos, pré-estabelecidos no projeto de pesquisa, restringiu a possibilidade de desdobramentos futuros na rede, apesar da existência de uma política tecnológica favorável à inovação, e constrangeu a emergência de tensões e dissonâncias entre atores de diferentes naturezas, elementos centrais para o surgimento e o compromisso com a consolidação da novidade.

Por seu turno, a análise da Rede 2 retoma a importância da complementaridade de competências, apesar da existência de interesses suficientemente complexos para promover a ruptura necessária para a implementação da inovação em escala comercial. Neste caso, o desenvolvimento da rede esbarra na ausência de competências e recursos necessários para a produção em larga escala do veículo elétrico próprio, para fins de uso compartilhado. Este entrave é, novamente, devido ao comportamento ambíguo das montadoras em relação ao automóvel elétrico e à alta incerteza envolvida no investimento. Mecanismos fomentados pelo posicionamento pouco claro por parte de Estado em relação à transição tecnológica

para a eletrificação dos automóveis - conforme visto no Capítulo 5 - que acabam por bloquear o desenvolvimento da referida inovação.

Com isso, a análise das redes de inovação evidenciou os diferentes impactos da configuração das redes no mercado automotivo nacional. Em comum entre elas, além da identificação dos problemas relacionados à expansão do mercado automotivo e seus impactos na saúde pública e na mobilidade urbana, o arranjo de instituições que regulam o mercado automotivo brasileiro. Arranjo que conformou, de forma geral, alguns importantes mecanismos de bloqueio à inovação, como o elevado nível de incerteza, o comportamento estrategicamente ambíguo de empresas, em especial montadoras, e o desalinhamento institucional em nível nacional. Esse último vinculado ao posicionamento vago do Estado em relação a transição tecnológica, com políticas esparsas e pouco claras, e a trajetória tecnológica alternativa em relação a eletrificação da mobilidade.

Apesar desse arranjo de mercado, as iniciativas investigadas lograram alguns êxitos no desenvolvimento e implementação do automóvel elétrico no contexto nacional - montagem de protótipos elétricos inéditos, a produção nacional da bateria de sódio, a montagem e utilização corporativa de modelos importados, o fortalecimento da rede de fornecedores domésticos de componentes elétricos, o desenvolvimento e implementação de sistemas de compartilhamento de automóveis elétricos em escala comercial e a instalação de uma infraestrutura básica de recarga em algumas regiões - graças às mudanças nas formas de regulação do mercado.

As referidas alterações nas formas de regulação foram conquistadas com apoio da articulação das redes e foram centrais para a implementação, ainda que tímida, da inovação no contexto nacional. Entre elas, destaca-se, além das alterações nas expectativas vinculadas ao uso: a regularização dos automóveis elétricos nos órgãos de fiscalização e licenciamento, a partir do desenvolvimento dos primeiros protótipos elétricos; a redução na alíquota do IPI para veículos elétricos (Rota 2030); a isenção de imposto de importação de veículos elétricos (Resolução da CAMEX, nº 97/2015); a regulamentação dos requisitos obrigatórios de circulação e de segurança para os veículos automotores ultracompactos, como os urbanos elétricos (Resolução do COTRAN, nº 573/2015); e a regulamentação da recarga pública, permissão a qualquer interessado na realização de atividades de recarga de veículos elétricos, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados (Resolução Normativa da ANEEL nº 819/2018).

Conforme apontaram as análises das redes, grande parte dessas alterações não ocorreram de forma premeditada, com base nos objetivos preconcebidos dos atores das redes. Antes, foram sendo construídas ao longo do processo de inovação, conforme se deparavam com obstáculos e incentivos do arranjo institucional. Como no caso da ausência de regulação e licenciamento dos veículos elétricos, até então não prevista, mas que teve de ser contornada com negociações com os órgãos de fiscalização; ou no caso da regulação sobre a venda de energia para recarga de veículos elétricos, até aquele momento não problematizada pelas agência de regulação, mas que também teve de ser revista a partir das iniciativas investigadas.

Diante dessas consequências impremeditadas do processo de inovação, observou-se que as redes se modificam ao longo do tempo, na tentativa de responder a esses imprevistos encontrados pelo caminho. Isto é, as redes tendem a se articular continuamente na busca por novas conexões, como forma de superar bloqueios e limitações, sejam eles econômicos, tecnológicos, culturais ou institucionais. O que implica em uma concepção dinâmica das redes, uma trama variável de atores sociais conectados pelo processo de inovação, sujeita às contingências do mercado e seu arranjo institucional.

Desta forma, constatou-se que a produção social da inovação envolve o desenvolvimento e introdução, não apenas de uma novidade tecnológica, mas de novas formas de regulação que possibilitem a implementação da inovação. Por seu turno, a capacidade destas iniciativas para alcançar seus objetivos depende de alguns fatores relevantes na configuração das redes de inovação. Entre esses fatores ressalta-se a capacidade das redes em articular seus interesses e competências de forma a superar os mecanismos de bloqueio e valer-se dos mecanismos de indução à inovação. Para tanto, observou-se que as dinâmicas de complementaridade são centrais para possibilitar o andamento da inovação em todos os momentos do processo, bem como as dinâmicas de complexidade, fundamentais para levar a cabo o processo de inovação para além de protótipos e projetos experimentais. Outro fator que se mostrou relevante, neste sentido, foi a robustez econômica-institucional da rede, como forma de garantir recursos e espaço nas mesas de discussões relevantes.

Percebe-se, com isso, a importância das redes de inovação na articulação de interesses e competências para alterar a ordem estabelecida e implementar a inovação econômica. O caso do automóvel elétrico, em seus diferentes contextos, demonstra essa

relevância das iniciativas face aos arranjos institucionais. Com efeito, os crescentes problemas energéticos e ambientais, vinculados ao automóvel movido a combustão interna, despontam como oportunidades para o desenvolvimento de soluções alternativas. Todavia, essas só tornaram viáveis a partir da articulação de redes complexas de atores heterogêneos e de alterações nas regulações do mercado, em alguns contextos específicos, como Noruega, China e alguns estados dos Estados Unidos.

Essa articulação possibilitou a entrada de atores de peso na disputa tecnológica e acabou por gerar certa pressão sobre os atores estabelecidos no mercado, que se viram constrangidos a investir, em alguma medida, na transição para a eletrificação. Ainda assim, o futuro do automóvel elétrico parece em aberto. Conforme visto, a oportunidade está posta e diversas novas empresas, institutos de pesquisas e gestões públicas se articularam para aproveitá-la, porém as vantagens consolidadas (técnicas, econômicas, culturais) do motor a combustão e de seus interessados ainda são consideráveis.

No contexto brasileiro, essa tarefa parece ser ainda mais complicada, pois soma-se às vantagens consolidadas do mercado o posicionamento pouco claro do Estado em relação à transição, uma trajetória tecnológica alternativa (etanol), como possível resposta aos problemas energéticos e ambientais vinculados ao motor a gasolina, e a existência de uma dependência tecnológica em relação a centros de decisão externos. Um arranjo desafiador para as redes que vierem a se articular e somar às iniciativas em andamento, ainda assim, um arranjo passível de ser alterado, conforme novos atores ingressem nas redes, ou as dinâmicas se alterem de forma a favorecer a complexidade e a complementariedade das redes de inovação.

Portanto, o futuro do automóvel elétrico parece repousar sobre a capacidade dessas redes de atores de articular suas competências e interesses de forma a superar os entraves e fazer valer a inovação. Percepção que remete a sentença de Maquiavel, na epígrafe da presente tese: “É necessário [...] examinar se esses inovadores podem alguma coisa por si próprios, ou se dependem de outros, isto é, se para realizar sua obra eles precisam apelar às preces ou contam com o uso de suas próprias forças” (MAQUIAVEL, 1980, p.33). Isto é, a introdução de uma nova ordem de coisas depende, não apenas da vontade dos envolvidos e das oportunidades fornecidas pela conjuntura, mas da capacidade dos atores da rede de persuadir os outros da mudança, mantê-los na persuasão e superar os interessados na manutenção da ordem estabelecida.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo. A economia híbrida do século XXI. In: AGUSTINI, G; COSTA, E. (orgs.). **De Baixo Para Cima**. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2014.

ADDIS, Caren. Cooperação e desenvolvimento no setor de autopeças. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. Campinas: Scritta, 1997. p.133-158.

ANDERSON, Curtis D.; ANDERSON, Judy. **Electric and Hybrid Cars: a history**. McFarland & Company, Inc., Publishers Jefferson, North Carolina, and London, 2010.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília: Aneel, 2012.

_____. **Base de dados do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília: Aneel, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/RA9dXt>>. Acesso em: 20/11/ 2017.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Indústria Automobilística Brasileira 50 anos, 1956-2006**. AutoData Editora: São Paulo, 2006.

_____. – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. AutoData Editora: São Paulo, 2010a.

_____. – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **10 Milhões de veículos flex**. AutoData Editora: São Paulo, 2010b

_____. – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. AutoData Editora: São Paulo, 2014.

_____. – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. AutoData Editora: São Paulo, 2017.

_____. – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. AutoData Editora: São Paulo, 2019.

AKRICH, Madeleine; CALLON, Michel; LATOUR, Bruno. The key to success in innovation part I: the art of interessement. **International Journal of Innovation Management**, London, v.6, n.2, p.187-206, jun. 2002.

ALMEIDA, Marilis Lemos de. **Rede de Inovação**, a articulação de Estado, Empresa e Universidade. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2014.

ALPHANDÉRY, Pierre et al. **O equívoco ecológico: riscos políticos**. São Paulo: Brasiliense, 1991.

ARBIX, Glauco. Guerra fiscal e competição intermunicipal por novos investimentos no setor automotivo brasileiro. **Dados**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 00, 2000 .

_____. et al. Inovação: estratégia de 7 países. In: **Cadernos da Indústria ABDI**. Brasília, DF, 2010, 342 p.

BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R.. Emergence of Scaling in Random Networks, in «Science», vol. 286, 15 de outubro, p. 509-512. In: BARABÁSI, A.B.; NEWMAN, M; WATTS, D.. **The structure and dynamics of networks**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006.

BARABÁSI, A.B.; NEWMAN, M; WATTS, D.. **The structure and dynamics of networks**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006.

BARCELOS, Márcio. **Ideias, Agendas e Políticas Públicas**: um estudo sobre a área de biocombustíveis no Brasil, Tese (Doutorado em Sociologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, 2015, 239 p.

BARNES, John. Class and committees in a Norwegian island parish, **Human Relations** 7: 39/58, 1954.

BARNETT H. G.. **Innovation**: The Basis of Cultural Change. McGraw- Hill Book Company, Inc., New York, 1953, 462 p.

BARTH, Fredrik. Scale and network in urban Western society. In: BARTH, F. (Org.) **Scale and Social Organization**, Oslo: Universitetsforlaget, pp. 163/83, 1978.

BEAUD, Michael. **História do capitalismo**: de 1500 até nossos dias. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1989. 407 p.

BEDÊ, Marco Aurélio. A política automotiva nos anos 90. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. Campinas: Scritta, 1997. p.357-388

BECKER, H. **Outsiders**: Studies in the Sociology of Deviance. Free Press, New York, 1963.

BENTHAM, Jeremy. The Book of Fallacies. In: **Unfinished Papers of Jeremy Bentham**, Londres: John and H. L. Hunt, 1824.

BERGEK, A., JACOBSSON, S., CARLSSON, B., LINDMARK, S., RICKNE, A.. Analyzing the Functional Dynamics of Technological Innovation Systems: A Scheme of Analysis. In: **Research Policy**, 37, pp. 407-429, 2008.

BRESCIANI, Luís Paulo. Na zona do agrião: a nova agenda da negociação coletiva. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. Campinas: Scritta, 1997. p.257-284.

BIJKER, W. The social construction of bakelite: Toward a theory of invention, in: Bijker, W.; Hughes, T.; Pinch, T., **The social construction of technological systems** – New directions in the sociology and history of technology. Cambridge: MIT, 1987.

BLOCK, F.. Swimming Against the Current: The Rise of a Hidden Developmental State in the United States. **Politics & Society**, 36(2), 169–206, 2008. <https://doi.org/10.1177/0032329208318731>

_____. Where do Innovations Come From? Transformation in the U.S. Economy, 1970 – 2006. In: **Technology Governance and Economic Dynamics**, no 35, 2011.

BLOCK, Fred; EVANS, Peter. The State and the Economy. In: SMELSER, N.J. e SWEDBERG, R., **The Handbook of Economic Sociology**, Princeton, N.J., Princeton University Press, 2005.

BLOCK, Fred., KELLER, R. Matthew. Where do innovations come from? Transformations in the U.S. economy, 1970-2006. In: **Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics** no. 35, maio de 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.715/2012**. Disponível em:

<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo/inovar-auto>. Acesso em 12/11/2018.

BRASIL. **Indicadores de Efetividade da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Outubro de 2016.

BOSCHMA, Ron A.. Proximity and Innovation: A Critical Assessment. **Regional Studies**, v. 39, n. 1, p. 61-74, 2005.

CALLON, Michel. The embeddedness of economic markets in economics. In: CALLON, Michel. (Org.). **The laws of the market**. Oxford: Blackwell, 1998.

_____. Entrevista com Michel Callon: dos estudos de laboratório aos estudos de coletivos heterogêneos, passando pelos gerenciamentos econômicos. In: **Sociologias**, Porto Alegre, n. 19, junho de 2008.

_____. The State and Technological Innovation: A Case Study of the Electrical Vehicle in France. **Research Policy** 9: 358-356, 1980

_____. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In: LAW, J. **Power, action and belief: a new sociology of knowledge?** London, Routledge, 1986, pp.196-223.

CHAN, C.C. The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828–1930: Lessons Learned. In: **Proceedings of the IEEE**, vol. 101, n. 1, pp. 206-212, janeiro de 2013.

CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede: A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura**. V.1. 8ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

COMTE, Auguste. **Curso de Filosofia Positiva**, São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Col. Os Pensadores).

CONSONI, F. L. et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. LEVE/ DPCT/ UNICAMP, Campinas, 2018.

COURLET, C.. Inovação e território ou a história de uma relação especial. In: GUIMARÃES, S. & PECQUEUR, B. (Orgs.). **Inovação, território e arranjos cooperativos**: experiências de geração de inovação no Brasil e na França. Marseille: Open Edition Press, 2015. p.29-37.

COWAN, R. How the refrigerator got its hum, in Mackenzie, D.; Wajcman, J. (Orgs). In: **The social shaping of technology**: How the refrigerator got its hum. Open University Press, Milton Keynes, 1985.

COWAN, Robin; HULTÉN, Staffan. Escaping the Lock-in: the case of the electrical vehicle. In: **Technology Forecasting and Social Change**, 1996.

CUPANI, Alberto. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia**, São Paulo, v.2, n.4, p. 493–518, 2004.

DA COSTA, Janaina Oliveira Pamplona. Normalização para a inovação: o programa brasileiro de etiquetagem veicular (PBE-V). In: RAUEN, André Tortato (Org.). **Políticas de inovação pelo lado da demanda no Brasil**. Brasília: Ipea, 2017.

DAGNINO, R. **Tecnologia Apropriada**: uma alternativa? Dissertação (Mestrado) – UnB, Brasília, 1976.

DAVID, Paul A. Clio and the Economics of QWERTY. In: The American Economic Review, Vol. 75, No. 2, **Papers and Proceedings of the Ninety- Seventh Annual Meeting of the American Economic Association**, p. 332-337, maio de 1985.

DAVIS, Stacy C., WILLIAMS, Susan E. **Transportation Energy Data Book**: Edition 36.2, agosto de 2018. Disponível em: <cta.ornl.gov/data>.

DIMAGGIO, Paul. Interest and agency in institutional theory. In: ZUCKER, L.G. (Org.), **Institutional Patterns and Organizations**: Culture and Environment, 1988, p. 3–21.

_____. Culture and economy. In: SMELSER, Neil; SWEDBERG, Richard (Eds). **The Handbook of Economic Sociology**. Princeton, NJ: Princeton University Press; New York: Russel Sage Foundation, 2005, p. 27-57.

DOSI, Giovanni; SZLAK, Carlos. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. São Paulo: Unicamp, 2006. 460 p.

DRUCKER, P. **The Concept of the Corporation**, John Day, New York, 1946.

EDLER, Jakob; FAGERBERG, Jan. Innovation policy: what, why, and how. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, p. 2-23, 2017.

EDQUIST, Charles. **The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy**: An account of the state of the art. Lead paper presented at the DRUID Conference, Aalborg, June 12-15, 2001.

ENGELS, F. Letters on Historical Materialism. To Joseph Bloch. [1890]. p. 760-765. In TUCKER, Robert C. (org.) **The Marx-Engels reader**. 2. ed. New York: W. W. Norton & Company, 1978.

ETZKOWITZ, Henry. Caminhos que levam à Hélice Tríplice. In: **Hélice Tríplice: universidade-indústria-governo. Inovação em movimento**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estud. av.**, São Paulo, v. 31, n. 90, p. 23-48, maio de 2017.

EVANS, Peter. **Embedded Autonomy: States & Industrial Transformation**. Princeton University Press, Princeton, 1995.

FAGERBERG, J., FOSAAS, M., SAPPRASERT, K. Innovation: exploring the knowledge base, **Research Policy**, v. 41, n. 7, p. 1132-1153, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312000698>. Acesso em: 31 de jul. 2019.

FAGERBERG, Jan. Innovation, a New Guide. **Working Papers on Innovation Studies**, Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo, n. 20131119, p. 1-45, 2013. Disponível em: http://www.sv.uio.no/tik/InnoWP/tik_working_paper_20131119.pdf. Acesso em: 31 de jul. 2019.

FERRARY, M.; GRANOVETTER, M.. The Role of Venture Capital Firms in Silicon Valley's Complex Innovation Network. In: **Economy and Society**, vol. 38, n. 2, p. 326-359, 2009.

FERREIRA, Fábio. Toda inovação contida no "Flex". In: **Conhecimento & Inovação**, Campinas, v. 5, n. 3, set. 2009. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-43952009000300005&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 27/05/19.

FERRO, José Roberto. Apêndice E: a produção enxuta no Brasil. In: WOMACK, P. James; JONES, T. Daniel; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1992.

FGV. Carros Elétricos. In: **Cadernos FGV Energia**. Ano 4, nº 7, maio de 2017.

FLIGSTEIN, Neil. Mercado como política: uma abordagem político cultural das instituições de mercado. **Contemporaneidade e Educação**. Ano VI, n.9, 1º sem/2001.

FLIGSTEIN, Neil; DAUTER, Luke. A Sociologia dos Mercados. In: **Cadernos CRH**, Salvador, v.25, 66, p. 481-504, Set/Dez, 2012.

FREEMAN, C.; SOETE, L.. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

GARCIA, Sandro Ruduit. **Global e local: o pólo automobilístico de Gravataí**. São Paulo: Annablume, 2009. 309 p.

_____. Novos arranjos industriais e redes de inovação: Agentes produtivos no entorno do polo de construção naval de Rio Grande. In: Paulo Roberto Neves Costa; Juarez Varallo Pont. (Org.). **Empresários, desenvolvimento, cultura e democracia**. 1 ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2015, v., p. 171-192.

GERTLER, Meric S. Tacit Knowledge and the Economic Geography of Context, or the Undeniable Tacitness of Being (There). *Journal of Economic Geography*, v. 3, n. 1, pp. 75–99, 2003.

GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Ed. Unesp, 1995.

GORZ, André. **Ecológica**. São Paulo: Annablume, 2010. 106 p.

GUARNIERI, M.. Looking back to electric cars. Proc. HISTELCON 2012 - 3rd Region-8 IEEE History of Electro - Technology Conference: **The Origins of Electrotechnologies: #6487583**, 2012.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties. In: **American Journal of Sociology**, University Chicago Press, Chicago, v. 78, Issue 6, p.1930-1938, 1973.

_____. The strength of weak ties: a network theory revisited. In: **Sociological Theory**. Ed. Randall Collins. San Francisco, Califórnia, série Jossey-Bass, v.1. p.2001-2233, 1983.

_____. Ação Econômica e Estrutura Social: O problema da imersão. **RAE-eletrônica**, v. 6, n. 1, Art. 9, jan./jun. 2007.

GREMAUD P., VASCONCELLOS, M. A. S., TONETO JUNIOR, R.. **Economia Brasileira Contemporânea**, 5ª ed.; São Paulo: Atlas, 2004.

GODIN, Benoît. Innovation: The History of a Category, **Project on the Intellectual History of Innovation**, Montreal: INRS, Working Paper n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.csiic.ca/PDF/WorkingPaper21.pdf>. Acesso em 31 de jul. 2019.

GODIN, Benoît. Innovation: a conceptual history of a anonymous concept, **Project on the Intellectual History of Innovation**, Montreal: INRS, Working Paper n. 21, 2015. Disponível em: <http://www.csiic.ca/PDF/WorkingPaper21.pdf>. Acesso em 31 de jul. 2019.

HANNEMAN, Robert A., RIDDLE, Mark. **Introduction to social network methods**. Riverside, CA: University of California, Riverside, 2005

HARVEY, Mark et al. Between Demand and Consumption: a Framework for Research. **CRIC Discussion Paper No 40**. University of Manchester, janeiro de 2001.

HAUGNELAND, P., LORENTZEN, E., Bu, C., HAUGE, E. **Put a price on carbon to fund EV incentives – Norwegian EV policy success**. EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. Stuttgart, Germany, October 9 - 11, 2017.

HAWKEN, P.; LOVINS, Amory; LOVINS, Hunter. **Natural Capitalism: the next revolution**. Earthscan, 1999, 396 p.

HEEKS, Richard; AMALIA, Mirta; KINTU, Robert; SHAH, Nishant. **Inclusive Innovation: Definition, Conceptualisation and Future Research Priorities**. Development Informatics working paper series, n. 53, 2013.

HOBBSAWM, Eric. **Era dos Extremos: o breve século XX**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HOMMEL, Thierry; GODARD, Olivier. Contestação social e estratégias de desenvolvimento industrial: aplicação do modelo da gestão contestável a produção industrial de OGM. In: Varella, Marcelo Dias & Barros-Platiau, Ana Flavia (Orgs.). **Organismos geneticamente modificados**. Belo Horizonte: Del Rey, 2005.

HOWELL, Sabrina; LEE, Henry; HEAL, Adam. Leapfrogging or Stalling Out? Electric Vehicles in China. In: **HKS Working Paper No. RWP14-035**, 01 de maio de 2014. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2493131>. Acesso em 14/04/2018.

HOWELLS, John; KATZNELSON, Ron D., **The 'Overly-Broad' Selden Patent**, Henry Ford and Development in the Early US Automobile Industry (June 27, 2016). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2801309>. Acesso em 08/12/2017.

HOYER, K. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. **Utilities Policy**, v. 16 n.2, p.63-71, 2008.

HUGHES, Thomas P., **Networks of Power: Electrification in Western Society**. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1983, 474 p.

IBUSUKI, Ugo; BERNARDES, Roberto; CONSONI, Flavia. New Brazilian automotive industrial policy: Analysis of the consequences for local R&D based on new comer's strategies. **International Journal of Automotive Technology and Management**. V.15 n. 63, 2018. DOI: 10.1504/IJATM.2015.067092.

IBUSUKI, Ugo; KAMINSKI, Paulo; PASCOAL, Erik. O Sistema de Inovação do Setor Automotivo Brasileiro: lições aprendidas com o INOVAR-AUTO. **11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 04 e 05 de setembro de 2017.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.** In press, 8 october, 2018.

IPEA. Petróleo, da crise aos carros flex. In: **Revista Desafios do Desenvolvimento**. 2010. Ano 7. Edição 59 – 29/03/2010. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23>. Acesso em 08/08/18.

ITAIPU, Binacional. **Informativo Veículo Elétrico**. Ano 1, Nº 3, dezembro de 2011.

JACOBSSON, Staffan; BERGEK, Anna. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. **Industrial an Corporate Change**, v.3, n.5, p. 815-849, 2004.

JOHNSON, A.; JACOBSSON, S.. Inducement and Blocking Mechanisms in the Development of a New Industry: The Case of Renewable Energy Technology in Sweden. In: COOMBS, R., GREEN, K., WALSH, V.; RICHARDS, A. (Orgs.). **Technology and the Market: Demand, Users and Innovation**. Cheltenham e Northhampton: Edward Elgar, 2001.

JULIEN, Pierre-André. Os empreendedores. In: **Empreendedorismo regional e economia do conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 2010. p.109-133.

KELLER, M. R.; BLOCK, F. L. Explaining the Transformation of the U.S. Innovation System: the Role of a Small Government Program. **Socio-Economic Review**, v. 11, n. 4, p. 629-56, 2013.

KEMP, René; SCHOT, Johan; HOOGMA, Remco. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management; In: **Technology Analysis & Strategic Management**, v.10, n.2, p.175-198, 1998.

KLEIN, H. & KLEINMAN, D. The social construction of technology: Structural considerations. In: **Science, Technology, & Human Values**, v. 27, n. 1, 2002.

KNOX, H., SAVAGE, M., HARVEY, P. Social networks and the study of relations: networks as method, metaphor and form. In: **Economy and Society**, n.35 p. 113–140, 2006.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LAW, John. **Notas sobre a teoria do ator-rede: ordenamento, estratégia e heterogeneidade** (Tradução de Fernando Manso), junho 2015. 10p.
Disponível em: <http://www.necso.ufrj.br/Trads/Notas%20sobre%20a%20teoria%20Ator-Rede.htm>, Acesso em 20/07/2016.

LORENTZEN, E., HAUGNELAND, P., Bu, C., HAUGE, E. Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market. **EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium**. Stuttgart, Germany, October 9 - 11, 2017.

LUCINDA, Claudio R., PEREIRA, Luan M. S.. **Efeitos da Política de Redução do IPI sobre o mercado de automóveis novos**. Julho de 2017.

LUNDEVALL, Bengt-Åke. National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool, **Industry and Innovation**, 14:1, 95-119, 2007.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/13662710601130863>. Acesso em 17/03/2018.

LUTSEY, N. Zero-emission vehicle fleet: a collaborative agenda. **The International Council on Clean Transportation**. [s.l: s.n.], 2015.

MACARTHUR, Elen. **Growth Within**: A circular economy vision for a competitive Europe. Junho de 2015.

Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>. Acesso em 25/06/2018.

MACKENZIE, D.; WAJCMAN, J.. **The social shaping of technology**: How the refrigerator got its hum. Open University Press, Milton Keynes, 1985.

MAQUIAVEL, Nicolau. **O Príncipe**. Rio de Janeiro: Otto Pierre Editores, 1980. (Col. Os Grandes Clássicos).

MARCUSE, Herbert. **A ideologia da sociedade industrial**: o homem unidimensional. Tradução de Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

MARX, Karl. **O capital**: crítica da economia política. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2017, 894 p.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. Manifesto do Partido Comunista. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 12, n. 34, p. 7-46, Dezembro de 1998.

MATTEDI, Marcos. Dilemas da simetria entre contexto social e conhecimento: a redefinição das modalidades de abordagem sociológica do problema do conhecimento. **Política & Sociedade**, Florianópolis, n. 4, p. 41-79, 2004.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado Empreendedor**: Desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfólio-Penguin, 2015.

MECKLING, Jonas; NAHM, Jonas. When do States Disrupt Industries? Electric Cars and the Politics of Innovation. In: **Review of International Political Economy** v.25 n.4: 505-529, 2017.

MERTON, Robert K. **Sociologia**: teoria e estrutura. São Paulo: Mestre Jou, 1970.

MIZRUCHI, Mark S.. Análise de redes sociais: avanços recentes e controvérsias atuais. **Rev. adm. empres.**, São Paulo, v. 46, n. 3, p. 72-86, setembro de 2006.

MOCK, P.; YANG, Z. **Driving electrification**: A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles, white paper, 2014.

Disponível em: www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-fiscal-incentives_20140506.pdf. Acesso em 09/03/2017.

NELSON, R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: NELSON, R. (Org.). **National Innovation Systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University, 1993. p. 3-21.

NEGRO, Antonio L.. Servos do tempo. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC**: a reinvenção dos carros. Campinas: Scritta, 1997. p.89-131

NEMET, G. Demand-pull energy technology energy policies, diffusion and improvements in California Wind Power. In: FOXON, T. J.; KOHLER, J.; OUGTON, C. (Orgs.). **Innovation for a Low Carbon Economy**. Economic, Institutional and Management Approaches, Edwards Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA, 2009.

NITSCH, M. O Programa de Biocombustíveis PROALCOOL e no Contexto da Estratégia Energética Brasileira. **Revista de Economia Política**, v. 11, n. 2 (42), abril-junho/1991.

NOBRE, Marcos; AMAZONAS, Maurício (Orgs.). **Desenvolvimento Sustentável**: a institucionalização de um conceito. Brasília: Ibama, 2002.

OECD. **Government and Technical Innovation**, Paris: OECD, 1966.

OECD. **Oslo Manual**: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. Paris: OECD, 1997.

OECD/IEA, International Energy Agency. **Global EV Outlook 2016**. Beyond one million electric cars. Paris, 2016.

OECD/IEA, International Energy Agency. **Global EV Outlook 2018**. Towards cross-modal electrification. Paris, 2018.

OECD. **Domestic incentive measures for environmental goods with possible trade implications**: Electric vehicles and batteries, 2015. Disponível em: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=COM/TAD/ENV/JWPTE\(2013\)27/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=COM/TAD/ENV/JWPTE(2013)27/FINAL&docLanguage=En). Acesso em 07/10/2017.

OLIVEIRA, Luísa. **Sociologia da Inovação: a construção social das técnicas e dos mercados**. Lisboa, Celta Editora, 2008.

PAVITT, Keith. Innovation Processes, in: Fagerberg et al. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York, Oxford University Press., p.86-114, 2005.

POMPERMAYER, F. M.; DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (Orgs.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**: uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel. Brasília: Ipea, 2011.

POWELL, Walter. Neither Market Nor Hierarchy: Network Forms of Organization. In: **Research in Organizational Behavior**, janeiro de 1990.

POWELL, Walter; GRODAL, Stine. Networks of Innovators. In: FAGERBERG, J., MOWERY, D. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

PORTILHO, Fátima. Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, 2005.

POLANYI, Karl. **A grande Transformação**: as origens de nossa época. Rio de Janeiro, Campus, 1980. 360 p.

PROTA, Laura. Toward a Polanyian network analysis: market and non-market forms of coordination in the rice economy of Vietnam. In: **Journal of Economic Geography** n.16, p. 1135–1160, 2016.

RAO Hayagreeva. Institutional activism in the early American automobile industry. In: **Journal of Business Venturing** 19, p.359–384, 2004.

RAMALHO, José Ricardo; RODRIGUES, Iram Jácome. Sindicato, desenvolvimento e trabalho: crise econômica e ação política no ABC. **Cad. CRH, Salvador**, v. 26, n. 68, p. 217-231, agosto de 2013.

RAMALHO, José Ricardo; SANTANA, Marco Aurélio (Orgs.). **Trabalho e Desenvolvimento Regional**. Efeitos Sociais da indústria automobilística no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Mauad, 2006.

RAMELLA, Francesco. **Sociologia dell'innovazione economica**. Bologna: Ed. il Mulino, 2013.

RAUEN, Cristiane Vianna; VELHO, Léa. Integrando abordagens da economia e da sociologia em análises da produção tecnológica. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 71-92, abril de 2010.

RAUD-MATTEDI, Cécile. Análise crítica da sociologia econômica de Mark Granovetter: os limites de uma leitura de mercado em termos de redes e imbricação. In: **Política e Sociedade**, n. 6, p. 59 – 82, abril de 2005.

RODRIGUES, Iram Jácome. Comissões de fábrica e reestruturação produtiva. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC**: a reinvenção dos carros. Campinas: Scritta, 1997. p.237-256.

RODRIK, Dani. Green industrial policy. **Oxford Review of Economic Policy**, n.30, p. 469-491, 2015. DOI: 10.1093/oxrep/gru025.

ROGERS, Everett. **Diffusion of Innovations**, V ed., New York, The Free Press, 1995.

SALERNO, Mario Sergio; KUBOTA, Luis Cláudio. Estado e inovação. In: DE NEGRI, J. A. et al. **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. IPEA, 2008.

SANBORN, Edward H. Manufactures: Locomotives. In: **Twelfth Census of the United States Taken in the Year 1900**. United States. Census Office. 12th census, 1902.

SANTOS, Gesmar Rosa dos. Mudanças no apoio à pesquisa em energias no Brasil: subindo degraus da inovação? **Radar – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 44, p. 7-17, 2016.

_____. Políticas de Apoio à Inovação em Energia no Brasil: desafios, avanços e mudanças recentes. In: TURCHI, Lenita Maria; MORAIS, José Mauro de (Orgs.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília: IPEA, 2017.

SCHIFFER, Michael. **Taking Charge: the electric automobile in America**. Wasington D.c.; Smithsonian Institution Press, 1994.

SCHILLING, Melissa A; PHELPS, Corey C. Interfirm Collaboration Networks: The Impact of Large-Scale Network Structure on Firm Innovation. **Management Science** v.53, n.7, 2007.

SHAPIRO, Helen. A primeira migração das montadoras: 1956-1968. In: ARBIX, Glauco e ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. Campinas: Scritta, 1997. p.23-88

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997. (Col. Os Economistas).

_____. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1961.

SMITH, Adam. **A riqueza das nações: uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações**. São Paulo: Madras, 2009. 747 p.

SMITH, D. K. **Fumbling the Future: How Xerox Invented, then Ignored, the First Personal Computer**. I Universe, 1999.

SOLO, Robert; ROGERS, Everett. **Inducing technological change for economic growth and development**. Michigan State University Press, 1972. 238 p.

SPERLING, D; GORDON, D. **Two Billion Cars: Driving Toward Sustainability**. Oxford University Press, 2009.

STOKES, Donald E. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005, 248 p.

SWEDBERG, Richard. **Max Weber e a Ideia de Sociologia Econômica**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2005a.

SWEDBERG, Richard. Markets in Society. In: SMELSER, Neil; SWEDBERG, Richard (Org.). **The handbook of economic sociology**. 2. ed. New York: Princeton University Press, 2005b.

TARTARUGA, Iván G. Peyré. **Inovação, território e cooperação**: Um novo panorama da Geografia Econômica do Rio Grande do Sul. 2014. 334 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

TRIGILIA, Carlo. La costruzione sociale dell'innovazione. In: **La costruzione sociale dell'innovazione**: economia, società e territorio. Firenze: Firenze University Press, 2007. p.11-18.

UZZI, B; SPIRO, J. Collaboration and creativity: the small world problem. **American Journal of Sociology**, v. 111, n. 2, p. 447-504, 2005.

VASEN, Federico. ¿Estamos ante un "giro poscompetitivo" en la política de ciencia, tecnología e innovación? In: **Sociologias**, Porto Alegre, v. 18, n. 41, p. 242-268, abril de 2016.

VEDRES, Balázs; STARK, David. Dobras estruturais: ruptura generativa em grupos sobrepostos. **Rev. adm. empres.**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 215-240, junho de 2010.

VINHA, Valéria. Polanyi e a Nova Sociologia Econômica: uma aplicação contemporânea do conceito de enraizamento social. In: **Econômica**. v. 3, n. 2, p 207 – 230, dezembro de 2001.

VOLTI, Rudi. Why Internal Combustion? **American Heritage of Invention & Technology**, v. 6, n. 2, p. 42-47, 1990.

WATTS, D.J.; STROGATZ, S.H., Collective Dynamics of Small World Networks. In: **Nature**, v. 393, 4 de junho de 1998, p. 440-442.

WEBER, Max. **Economia e Sociedade**. V.1. 4ª ed. São Paulo: Editora UNB, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ZELIZER, Viviane. Culture and Consume. In: SMELSER, Neil; SWEDBERG, Richard (Org.). **The handbook of economic sociology**. 2. ed. New York: Princeton University Press, 2005.

_____. Dualidades perigosas. **Mana**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, abril de 2009.

ZIMMERMAN, Monica A.; ZEITZ, Gerald J.. Beyond Survival: Achieving New Venture Growth by Building Legitimacy. In: **The Academy of Management Review**, v. 27, n. 3, p. 414-431, julho de 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A – BANCO DE REFERÊNCIAS DIGITAIS

Portais dedicados ao tema:

<https://evobsession.com/electric-car-sales/>

<http://www.ev-volumes.com/>

<https://www.eafo.eu/>

História do VE:

<https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle

<https://www.teslarati.com/history-lesson-evolution-electric-car-infographic/>

<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2012/02/03/a-historia-de-como-uma-companhia-de-taxi-matou-o-carro-eletrico-em-1900/>

<https://web.archive.org/web/20131216054500/http://www.secondchancegarage.com/classic-car/columbia-3.cfm>

<https://diariodotransporte.com.br/2017/07/16/historia-o-primeiro-onibus-eletrico-no-brasil/>

Contexto Brasileiro:

<https://autopapo.com.br/noticia/carros-eletricos-no-brasil-modelos-precos/#inicio>

<https://www.metropoles.com/colunas-blogs/entre-eixos/o-carro-eletrico-chegou-a-brasilia-para-ficar-veja-as-vantagens>

<https://www.estadao.com.br/infograficos/economia,a-revolucao-que-esta-por-vir-e-a-maior-que-a-industria-de-automoveis-ja-teve,1042846>

<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/09/carro-eletrico-no-brasil-do-zero-aos-bilhoes-em-10-anos.html>

<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/02/fim-de-fabrica-da-ford-insere-brasil-na-reorganizacao-mundial-do-setor.shtml>

Inova-Auto:

<http://g1.globo.com/economia/noticia/2012/10/veja-regras-do-novo-regime-automotivo-brasileiro.html>

<http://g1.globo.com/economia/noticia/2012/10/carro-que-gastar-menos-combustivel-tera-ipi-menor-diz-governo.html>

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2017/12/27/inovar-auto-programa-de-dilma-deixou-carro-brasileiro-15-mais-eficiente.htm>

<https://br.reuters.com/article/dassaultuk/idBRKBN1FL69Z-OBRBS>

Rota 2030:

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2018/09/03/ficou-bom-novas-regras-para-ipi-nao-significam-carro-eletrico-mais-barato.htm>

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2018/01/17/rota-2030.htm>

<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/o-que-mudara-carro-rota-2030/>

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2017/06/21/com-rota-2030-carro-nacional-sera-avancado-ou-so-mais-barato-de-fazer.htm>

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2017/06/20/industria-quer-tirar-atraso-do-carro-brasileiro-ate-2030-vai-conseguir.htm>

<https://g1.globo.com/carros/noticia/conheca-principais-pontos-do-programa-de-incentivo-as-montadoras-o-rota-2030.ghtml>

<https://g1.globo.com/carros/noticia/omc-condena-beneficios-fiscais-do-inovar-auto-para-producao-nacional-de-carros.ghtml>

<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/27961/rota-2030-e-pouco-inclusivo-e-nao-tera-impacto-no-curto-prazo>

<https://www.autoindustria.com.br/2018/05/21/ipi-dos-veiculos-seguira-baseado-na-capacidade-cubica-dos-motores/>

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2019/06/24/taxista-e-pcd-podem-comprar-carro-eletrico-e-hibrido-sem-pagar-iof-e-ipi.htm>

<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/04/fazenda-vence-disputa-e-restringe-rotas-2030.shtml>

Infraestrutura de Recarga

<https://www.istoedinheiro.com.br/pista-livre-para-o-carro-eletrico/>

<http://www.automotivebusiness.com.br/inovacao/160/bmw-e-edp-brasil-investem-r-1-milhao-em-corredor-de-carros-eletricos>

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/06/20/brasil-enfim-aprova-recarga-publica-de-carros-eletricos-mas-como-fica.htm>

<http://www.antp.org.br/noticias/clippings/recarga-livre-vai-bombar-carro-eletrico-no-pais-mas-preco-pode-explodir.html>

<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/12/1943827-avanco-dos-carros-eletricos-no-pais-esbarra-em-falta-de-infraestrutura.shtml>

Polêmicas

<https://pplware.sapo.pt/motores/alemanha-insiste-que-os-carros-eletricos-poluem-mais-que-os-a-diesel-ou-a-gasolina/>

<https://www.thomsonreuters.com/en/reports/electric-vehicles.html>

Projeto Emotive

<https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/emotive/Paginas/default.aspx#projeto>

<https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/Paginas/default.aspx>

<https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/cpfl-energia-e-rede-graal-instalam-novo-eletroposto-para-veiculos-eletricos-na-rodovia-dos-bandeirantes.aspx>

<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Paginas/pa0060-mobilidade-eletrica.aspx>

<http://www.promobe.com.br/institucional/quem-somos/>

Veículo Elétrico – Itaipu

<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/itaipunamidia/forca-do-verde-palio-weekend-eletrico-ja-em-2008>

<http://autoagora.blogspot.com/2009/07/ele-existe-e-funciona.html>

<http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1217898-9658,00-G+ANDOU+NO+PALIO+WEEKEND+ELETRICO.html>

<http://bracier.org.br/noticias/brasil/4124-itaipu-quer-desenvolver-cadeia-do-carro-eletrico>

<http://www.lexicarbrasil.com.br/itaipu/>

<https://www.fzsonick.com/>

<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/itaipu-entrega-um-veiculo-eletrico-e-dois-eletropostos-para-o-ministerio-de>

<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/itaipunamidia/lactec-participa-de-prototipo-do-carro-eletrico-no-forum?page=10>

<https://globoplay.globo.com/v/7444198/>

<http://finep.gov.br/images/revista/revista10/index.html#p=39>

<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/governo-federal-inclui-itaipu-nas-discussoes-da-nova-politica-automotiva>

<https://www.pti.org.br/pt-br/content/no-primeiro-ano-do-projeto-sistema-de-compartilhamento-de-ve%C3%ADculos-na-itaipu-roda-mais-de-0>

<https://www.itaipu.gov.py/sala-de-imprensa/noticia/com-novo-posto-itaipu-amplia-sistema-de-compartilhamento-inteligente-de-ves>

<https://www.abdi.com.br/postagem/abdi-e-itaipu-estudam-sistema-de-compartilhamento-de-veiculo-eletrico>

Curitiba Ecoelétrico

<https://www.tribunapr.com.br/noticias/curitiba-regiao/curitiba-firma-pacto-global-contr-a-emissao-de-gases/>

<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2015/00166635.pdf>

<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/curitiba-ecoeletrico-entra-numa-nova-etapa>

<https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-promove-seminario-sobre-mudancas-climaticas/47345>

<http://www.ecoeletrico.curitiba.pr.gov.br/publico/noticias/terceiranoticia.aspx>

<http://www.ecoeletrico.curitiba.pr.gov.br/publico/noticias/segundanoticia.aspx>

Vamo - Carro Elétrico

<https://noticias.ne10.uol.com.br/ic-transito//noticia/2016/11/23/carro-leve-em-dois-anos-menos-de-duas-viagens-foram-feitas-por-dia-649132.php>

<http://www.serttel.com.br/pernambuco-testa-compartilhamento-de-carros-eletricos/>

http://memoria.cnpq.br/noticias;jsessionid=62A8E6CA7E1990A4971FF242070D4E11?p_p_id=engine_WAR_Engineportlet_INSTANCE_N14w&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&engine_WAR_Engineportlet_INSTANCE_N14w_view=article&engine_WAR_Engineportlet_INSTANCE_N14w_articleResourcePrimKey=1638904&engine_WAR_Engineportlet_INSTANCE_N14w_backURL=

<https://iconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2016/02/28/um-mes-de-gratuidade-para-o-carro-leve-do-porto-digital-223163.php>

<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeito-roberto-claudio-apresenta-politica-de-desenvolvimento-urbano-de-baixo-carbono>

<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-07/fortaleza-comeca-testar-carros-eletricos-compartilhados-para-uso-na-cidade>

https://www.vrum.com.br/app/706,19/2017/04/05/interna_noticias,50903/pernambuco-vai-receber-o-primeiro-carro-eletrico-compartilhado-do-bras.shtml

Legislação

<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2015/10/27/carro-eletrico-se-livra-do-imposto-de-importacao-a-partir-desta-terca.htm>

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/10/2015&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=76>

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2017/12/14/brasil-promete-acordar-para-carro-eletrico-em-2018-e-para-autonomo-em-2022.htm>

<https://www.noticiasautomotivas.com.br/entenda-como-e-feita-a-homologacao-de-veiculos-no-brasil/>

<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/crash-test-nossos-carros-contr-a-parede/>

<https://www.consultaauto.com.br/blog/informativo/o-que-e-bin>

<https://www.consultaauto.com.br/blog/informativo/cadastro-de-veiculo-na-bin>

<https://hitech-e.com.br/blog/hitech-electric-mais-dois-homologados/>

<https://www.comexblog.com.br/importacao/a-estrutura-do-comercio-exterior-brasileiro/>

Etanol

<http://www.unica.com.br/noticia/5084887920327850689/para-unica-por-cento2C-projeto-de-carro-hibrido-com-motor-a-etanol-e-tao-por-centoE2-por-cento80-por-cento9Cobvio-por-centoE2-por-cento80-por-cento9D-quanto-sua-marca/>

<https://futuretransport.com.br/antes-dos-eletricos-hibrido-a-etanol-vital-para-o-brasil/>

<https://www.itaipu.gov.py/sala-de-imprensa/noticia/etanol-e-eletricidade-itaipu-desenvolve-onibus-hibrido>

<https://www.uol.com.br/carros/colunas/alta-roda/2019/06/26/etanol-volta-aos-holofotes-como-oposicao-ao-carro-eletrico-entenda.htm>

Ônibus Elétricos

<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-equipa-primeiro-onibus-eletrico-do-pais-movido-100-a-bateria>

<https://www.eletrabus.com.br/2019/02/28/primeiro-onibus-eletrico-100-produzido-no-brasil-nasce-de-parceria-entre-moura-e-eletra/>

<https://www.eletrabus.com.br/linha-do-tempo-eletra/>

<https://canaltech.com.br/inovacao/onibus-eletrico-hibrido-e-fabricado-com-tecnologia-100-brasileira-150533/>

Baterias

<http://www.batteryconsult.ch/Company%20.%20Competences.htm>

<http://www.batteryeducation.com/2010/05/advances-in-battery-development.html>

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/06/04/brasil-pode-fabricar-baterias-de-carros-eletricos-veja-os-obstaculos.htm>

Startups Nacionais

[https://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,veiculos-eletricos-fabricados-no-brasil-
comecam-a-ganhar-as-ruas,70002948251](https://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,veiculos-eletricos-fabricados-no-brasil-comecam-a-ganhar-as-ruas,70002948251)

<https://www.upf.br/noticia/carro-eletrico-sera-desenvolvido-na-upf->

[https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/noticia/2018/09/a-historia-de-uma-
obsessao-como-surgiu-em-lajeado-o-primeiro-carro-eletrico-emplacado-do-brasil-
cjmkvfc4d00az01rx3t9j5saq.html](https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/noticia/2018/09/a-historia-de-uma-obsessao-como-surgiu-em-lajeado-o-primeiro-carro-eletrico-emplacado-do-brasil-cjmkvfc4d00az01rx3t9j5saq.html)

APÊNDICE B – ROTEIRO BASE ENTREVISTA

- 1- O que é a iniciativa (objetivos e interesses envolvidos)?
- 2- Quem são os principais atores envolvidos, interesses e funções desempenhadas?
- 3- Quais são os tipos de parceria (ligações) estabelecidos com estes atores?
- 4- Principais resultados alcançados e em vista;
- 5- Principais desafios, dificuldades, encontradas (institucionais, fiscais, culturais, concorrência);
- 6- Políticas públicas, linhas de crédito, agências de fomento acessadas;
- 7- Características do ambiente de implementação (por que o contexto como vanguarda desta tecnologia?);
- 8- Prognósticos para o automóvel elétrico no futuro (opinião pessoal).