



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE
ECONOMIA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS
PÚBLICAS, ESTRATÉGIAS E DESENVOLVIMENTO PPEd – IE / UFRJ

ALEXANDRE LAFRANQUE

**A EMERGÊNCIA DE MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES
PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DA
ELETRIFICAÇÃO VEICULAR**

Rio de Janeiro

2015

ALEXANDRE LAFRANQUE

**A EMERGÊNCIA DE MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES
PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DA
ELETRIFICAÇÃO VEICULAR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Orientador: Nivalde José de Castro

Rio de Janeiro

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

L169 Lafranque, Alexandre.

A emergência de modelos de negócios inovadores para apoiar o desenvolvimento da eletrificação veicular / Alexandre Lafranque. -- 2015.

113 f. ; 31 cm.

Orientador: Nivalde José de Castro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2015.

ALEXANDRE LAFRANQUE

**A EMERGÊNCIA DE MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES
PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DA
ELETRIFICAÇÃO VEICULAR**

Dissertação submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de MESTRE em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Aprovado em 26 de Fevereiro de 2015:



Prof. Dr. Nivalde José de Castro (Orientador)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPED/UFRJ



Prof. Dr. João Felipe Cury Mafinho Mathias

Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPED/UFRJ



Prof. Dr. Amaro Olimpo Pereira Junior

Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro

2015

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, estruturado através da parceria ANP/FINEP/UFRJ e que vem contribuindo para a formação de profissionais especializados na indústria energética. O programa, além de oferecer disciplinas eletivas relativas ao setor, possibilita ao aluno participar de seminários e congressos, que auxiliam a compreensão das características e dificuldades do setor energético. Portanto, agradeço primeiramente à ANP/FINEP/UFRJ pela oportunidade que me foi oferecida, e a todos os professores, funcionários e alunos ligados ao PRH-21.

Aos meus pais e ao meu irmão, Marie-José, Hervé e Eymeric, pelo amor, carinho e apoio incondicionais desde sempre.

À minha noiva e futura esposa, Raíssa, pelo seu amor, seu grande apoio diário e sobretudo sua paciência na reta final da redação. Esta dissertação não teria sido finalizada sem você do meu lado.

Aos meus amigos e futuros padrinhos Mayra Rolim, Deborah Senna e Derick Furquim, pelo apoio, carinho e pela grande amizade.

Ao meu orientador Professor Nivalde José de Castro, por sua grande contribuição neste trabalho. Agradeço também pelas oportunidades de ensinamentos, incentivos e apoio desde minha entrada no GESEL.

Aos meus colegas e amigos do GESEL, Paola Dorado, Linda Loyola, Fabiano Lacombe e Rubens Rosental, pelo apoio, ajuda e acima de tudo, pelos bons momentos compartilhados ao longo desses anos. Agradecimento especial para meu colega Guilherme Dantas, por sua grande contribuição nesta dissertação.

Ao corpo docente do PPED, em especial à Professora Renata La Rovere, pela oportunidade de ingressar no PPED e também pela sua disponibilidade.

Por fim, agradeço aos funcionários da secretaria do PPED, pela presteza e disponibilidade.

RESUMO

LAFRANQUE, A. (2015). A emergência de modelos de negócios inovadores para apoiar o desenvolvimento da eletrificação veicular. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED). Instituto de Economia (IE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro: Fevereiro de 2015.

Este trabalho tem por objetivo principal examinar a implementação de modelos de negócios inovadores dedicados ao veículo elétrico (híbrido *plug-in* e elétrico puro) que possam fomentar o desenvolvimento da eletrificação veicular e contestar a hegemonia do veículo de combustão interna na indústria automobilística. Dessa forma, é avaliada a hipótese que o desenvolvimento da eletrificação veicular depende da implantação de modelos de negócios inovadores dedicados aos veículos elétricos e focados nos serviços de mobilidade para tornar os mesmos competitivos em relação aos veículos tradicionais e pressionar o regime automobilístico. Através do estudo de caso de Portugal, se demonstra que o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga de veículos elétricos constitui um novo paradigma no setor de transportes, onde o papel do setor público é fundamental nas etapas iniciais de estruturação das redes de recarga, tanto no investimento dos eletropostos como na elaboração de um quadro regulatório. Por sua vez, o exame do caso da Autolib' mostra que o veículo deixa de ser o elemento central do modelo de negócios e se torna apenas o meio pelo qual se cumpre o objetivo de mobilidade. O serviço da Autolib' vai além da mera oferta de deslocamento particular, dado que novos serviços tecnológicos estão complementando a proposta de valor inicial (aplicativos de locação, gestão do consumo, realocação do veículo, etc...). Esses serviços estão se tornando chaves para convencer o consumidor a iniciar uma transição para uma mobilidade mais sustentável.

Palavras chaves: veículo elétrico, aprisionamento tecnológico, modelo de negócios.

ABSTRACT

LAFRANQUE, A. (2015). A emergência de modelos de negócios inovadores para apoiar o desenvolvimento da eletrificação veicular. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED). Instituto de Economia (IE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro: Fevereiro de 2015.

The main objective of this work is to examine the implementation of innovative business models dedicated to electric vehicle (both plug-in hybrid and all-electric) that can promote the development of vehicle electrification and challenge the hegemony of the internal combustion vehicle in the automotive industry. Thus, the study assesses the hypothesis that the development of vehicle electrification depends on the implementation of innovative business models dedicated to electric vehicles and focused on mobility services, in order to compete with traditional vehicles and pressure the automotive regime. Through the case study of Portugal, it is demonstrated that the development of an electric vehicle charging infrastructure is a new paradigm in the transportation sector, where the role of the public sector is critical in the early stages of structuring the charging networks, both in the investment of charging stations as in the development of a regulatory framework. On the other hand, the examination of the case of Autolib' shows that the vehicle is no longer the central element of the business model and becomes merely the means by which the objective of mobility is reached. The Autolib' service goes beyond the mere objective of transportation, as new technology services are complementing the initial value proposition (leasing applications, consumption management, relocation of the vehicle, etc...). Those services are becoming essentials to convince consumers to start a transition to a more sustainable mobility.

Keywords: Electric vehicle, technological lock-in, business model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O ciclo de vida de uma tecnologia.	9
Figura 2: A dinâmica geral da perspectiva multinível.....	17
Figura 3: Número de carros por família no Reino Unido: 1951-2012.....	38
Figura 4: Autonomia de um carro elétrico x distância diária média percorrida por um veículo leve.	40
Figura 5: Componentes do modelo de negócio	48
Figura 6: Modelos de negócios no âmbito da mobilidade.....	51
Figura 7: Cadeia de valor da mobilidade elétrica	54
Figura 8: Modelos de mercados para as infraestruturas de recarga públicas	58
Figura 9: Número de postos de recarga nos países europeus em 2013	62
Figura 10: Plano original de implantação da rede piloto em Portugal.	66
Figura 11: Organização da infraestrutura de recarga de carros elétricos em Portugal.	69
Figura 12: Proposta de valor da Autolib'	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de montadoras de veículos elétricos no mundo entre 1893 e 1957.....	24
Gráfico 2: Soma dos investimentos publicados dedicados aos veículos elétricos dos países da EVI em infraestrutura de recarga, incentivos fiscais e P,D&D: 2008-2012.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação das últimas medidas de eficiência veicular adotadas nos maiores mercados automobilísticos do mundo.	32
Tabela 2: Financiamento do projeto Autolib'	80

Tabela 3: Os planos da Autolib' para os particulares 84

Tabela 4: Custos mensais dos planos Autolib' Pro 84

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 – APRISIONAMENTO DE UM SISTEMA TECNOLÓGICO	7
1.1 O FATOR TECNOLÓGICO, VETOR CONDICIONANTE DO APRISIONAMENTO	8
1.2 O CARÁTER MULTIDIMENSIONAL DO APRISIONAMENTO.....	13
2 – APRISIONAMENTO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO SÉCULO XX.....	19
2.1 A SUPERAÇÃO TECNOLÓGICA DO VEÍCULO DE COMBUSTÃO INTERNA NO INÍCIO DO SÉCULO.....	19
2.2 FATORES EXTERNOS QUE REFORÇARAM O APRISIONAMENTO TECNOLÓGICO	21
2.3 CONSOLIDAÇÃO DO APRISIONAMENTO AO LONGO DO SÉCULO	24
3 – A LENTA TRANSIÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	28
3.1 MUDANÇA NO PANORAMA SÓCIO TÉCNICO	28
3.1.1 A crescente preocupação ambiental	28
3.1.2 Padrões mais restritivos de eficiência energética veicular.....	30
3.2 A GRANDE ESTABILIDADE DO REGIME AUTOMOBILÍSTICO	33
3.2.1 O motor de combustão interna focaliza o interesse industrial e econômico	33
3.2.2 Os consumidores ainda tem uma percepção negativa do veículo elétrico.....	36
3.2.3 As barreiras institucionais e regulatórias ao desdobramento da eletrificação veicular	40
3.3 DESESTABILIZAÇÃO DO REGIME E EMERGÊNCIA DA MOBILIDADE ELÉTRICA	41
3.3.1 Incentivos públicos à compra de veículos elétricos	42
3.3.2 Os veículos elétricos híbridos portadores da eletrificação veicular no início do século XXI	45
4 – MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA.....	46
4.1 ABORDAGEM SISTÊMICA DOS MODELOS DE NEGÓCIOS	46
4.1.1 Conceptualização do modelo de negócios	46
4.1.2 O modelo de negócio tradicional da indústria automobilística	49
4.1.3 Os modelos de negócios focados no serviço para a mobilidade elétrica.....	50
4.1.4 A integração dos modelos de negócios ao longo da cadeia de valor.....	53
4.2 MODELOS DE MERCADO PARA AS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE RECARGA	56
4.2.1 Uma grande variedade de modelos de mercado.....	58
4.2.2 Identificação dos agentes	60

4.2.3 Os modelos de mercado implantados na Europa.....	62
4.3 ANÁLISE DO PROCESSO DE ESTRUTURAÇÃO DA REDE NACIONAL DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM PORTUGAL: 2009 – 2014.....	63
4.3.1 O Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal.....	64
4.3.2 Regras e regime jurídico da rede piloto de mobilidade elétrica	67
4.3.3 O modelo de mercado MOBI.E	67
4.3.4 Estrutura tarifária do Programa	72
4.3.5 Ensinamentos do modelo da rede MOBI.E.....	76
4.4 O SERVIÇO DE MOBILIDADE ELÉTRICA.....	77
4.4.1 O modelo <i>car-sharing</i> da Autolib’ na França	78
4.4.2 Uma parceria pública-privada.....	79
4.4.3 Análise do modelo de negócios da Autolib’	82
4.4.4 O potencial tecnológico do serviço de mobilidade	85
CONCLUSÃO	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

INTRODUÇÃO

O setor de transportes é tecnologicamente aprisionado aos sistemas de energias fósseis, na medida em que este setor apresenta uma demanda agregada em petróleo equivalente a 46,7 milhões de barris por dia (IEA, 2013a). Concomitantemente, o setor de transportes como um todo representa cerca de 20% da demanda mundial por recursos primários em energia e responde por 25% das emissões de gases do efeito estufa, ocasionando fortes impactos ambientais (IEA, 2012, 2013a). A dependência nos combustíveis fósseis tende a aumentar nos próximos anos, puxada principalmente pelo crescimento do transporte rodoviário. Nesses termos, espera-se que a demanda agregada em petróleo deste setor cresça de 26% até 2035, atingindo um patamar de 58,8 milhões de barris por dia (IEA, 2013a).

Os veículos leves tem um peso preponderante nesta equação, respondendo por 40% da demanda por energia do transporte rodoviário e representando metade da mobilidade mundial de passageiros (IEA, 2014). Considerando uma possível duplicação da frota mundial de veículos leves entre 2010 e 2035 (IEA, 2014), é perceptível a necessidade em buscar modificações tecnológicas que reduzam o consumo de derivados de petróleo da frota de veículos leves. Neste sentido, a maioria dos países desenvolvidos já está aplicando padrões cada vez mais restritivos de eficiência energética veicular para limitar a dependência dos veículos aos combustíveis fósseis (ICCT, 2014; WILLS e LA ROVERE, 2010). Observa-se assim que a adoção de políticas que visem à mitigação das alterações climáticas e melhoria da qualidade do ar requer uma mudança do paradigma tecnológico da frota de veículos leves.

No curto prazo, a inércia tecnológica da indústria automobilística faz com que se preveja uma evolução apenas incremental nos veículos de combustão interna. Essa evolução, que não se reduz meramente a uma melhoria do motor térmico, mas abrange toda a cadeia de tração do veículo, busca a redução das emissões de gases de efeito de estufa das frotas de veículos leves. Contudo, essas inovações incrementais por si só não serão suficientes para reduzir drasticamente as emissões dos gases de efeito estufa¹ e precisarão ser apoiadas por novos sistemas de propulsão mais sustentáveis.

¹ As perspectivas de redução do consumo energético dos veículos de combustão interna de 30% serão atenuadas pelo crescimento da frota mundial (IEA, 2009).

A eletrificação do setor de transportes representa uma ruptura de paradigma tecnológico e oferece grandes oportunidades para fomentar a diversificação dos combustíveis, mitigar as emissões em gases de efeito de estufa e aumentar a eficiência energética (IEA, 2014). Contudo, a difusão em larga escala do veículo elétrico representa um desafio, na medida em que a posição dominante do veículo de combustão interna no mercado freia o seu desenvolvimento. Neste sentido, uma breve revisão histórica indica que o veículo elétrico tem uma história complexa, feita de quedas e ressurgimentos ao longo do século XX (FRERY, 2000), mas está se afirmando com as novas exigências internacionais sobre o combate às emissões de gases de efeito de estufa.

Assim, a eletrificação veicular tende a se tornar uma realidade e já vem começando a ser inserida no mercado nos últimos anos. Por exemplo, mesmo que ainda tenha caráter discreto, desde o início do século XXI já vem ocorrendo a inserção de veículos híbridos elétricos² na frota mundial de veículos (MIDLER e BEAUME, 2010; DIJK *et al*, 2013). Esses modelos representam o início do processo de inovação e difusão tecnológica no setor da indústria automobilística. Em suma, é possível afirmar que nas próximas décadas, o ganho de eficiência energética dos veículos estará diretamente associado à adoção de motores elétricos a serem alimentados por energia da rede elétrica (IEA, 2011). Portanto, a nova rota tecnológica que se desenha abre oportunidades para outros sistemas de propulsão de veículos se difundirem em larga escala no mercado, destacando-se:

- i. Os veículos híbridos *plug-in*, com um carregador que permite o abastecimento da bateria a partir da rede elétrica e;
- ii. Os veículos elétricos puros, com a propulsão realizada exclusivamente por um motor elétrico alimentado com a energia armazenada nas baterias do veículo.

Embora esses novos sistemas de propulsão representem uma alternativa viável ao veículo de combustão interna, eles ainda estão enfrentando uma série de barreiras que freiam sua disseminação no mercado mundial. Assim, quando comparados aos veículos com motor de combustão interna, a menor autonomia dos veículos elétricos em função da reduzida capacidade de armazenagem de energia das baterias é um dos principais obstáculos à disseminação dos veículos elétricos (EGBUE e LONG, 2012). Contudo, o problema da

² A propulsão do veículo elétrico híbrido é realizada pela conjugação de um motor a combustão interna com um motor elétrico.

autonomia do veículo elétrico é uma questão muito mais de percepção do que um problema real³.

Por outro lado, o custo de aquisição de um veículo elétrico também representa atualmente um dos maiores entraves à difusão em larga escala desses modelos. Na verdade, mesmo tendo um custo por quilômetro rodado competitivo quando comparado ao dos veículos à combustão interna, na perspectiva do consumidor o custo líquido atual do veículo elétrico é consideravelmente superior ao custo líquido de um veículo de combustão interna tradicional (PEREZ *et al*, 2013). Essa constatação decorre do preço elevado da bateria, na medida em que este equipamento representa por si só cerca de um terço do preço total de aquisição do veículo elétrico (IEA, 2013).

Nesta perspectiva, a competitividade dos veículos elétricos com os veículos convencionais será condicionada à redução dos custos das baterias. O financiamento de projetos de pesquisas sobre as baterias e a inserção gradativa de veículos elétricos na frota com vistas a dar escala a essa indústria serão dois fatores chaves para sustentar a dinâmica de redução dos custos dos veículos elétricos. A fim de possibilitar o avanço do veículo elétrico, são essenciais no curto prazo a compensação do preço elevado através, por exemplo, de incentivos fiscais e a adoção de medidas específicas destinadas aos veículos elétricos, como estão sendo aplicadas nos maiores mercados automobilísticos do mundo (IEA, 2013b).

Além disso, o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga é fundamental para desmistificar a percepção negativa por parte dos consumidores em relação à autonomia dos veículos elétricos (ETEC, 2009). Ao contrário dos veículos de combustão interna, os veículos elétricos não deverão ser recarregados apenas em postos de abastecimento, mas utilizarão uma série de locais de recarga diferentes para garantir o seu suprimento. Assim, os possuidores de uma garagem ou de um estacionamento particular privilegiarão esses locais para efetuar a recarga do seu veículo (SCHEY, 2013). Em complemento, se imagina a instalação de postos de recarga nos estacionamentos do trabalho, que beneficiarão também aos consumidores que não possuem um estacionamento particular.

As pesquisas mostram que os locais públicos ou semipúblicos (estacionamentos nos shoppings, nas áreas comerciais, nos aeroportos, etc...) representam um terceiro local estratégico de recarga (EURELECTRIC, 2013). De tal modo, a implementação de redes de

³ A distância média percorrida por um veículo leve é inferior a 55 km/dia em qualquer país do mundo (IEA, 2013).

recarga públicas se revela também necessária, especificamente para fomentar as primeiras etapas da estruturação do novo paradigma tecnológico que representa o veículo elétrico. Mesmo assim, o desenvolvimento desta infraestrutura de recarga pública está condicionada pelo marco regulatório do setor elétrico vigente, pois o mesmo delimita os modelos de mercados passíveis de serem implementados e, por consequência, interfere diretamente na atratividade financeira dos investimentos.

Os desafios atuais da eletrificação veicular previamente listados são percebidos por muitos atores como oportunidades para elaborar novos negócios focados na mobilidade elétrica. Assim, a indústria do veículo elétrico é um objeto de estudo particularmente interessante para examinar os modelos de negócios a serem desenvolvidos dentro de um ecossistema emergente (WEILLER e NEELY; 2013). Tendo características técnicas em completa ruptura com o veículo de combustão interna, o veículo elétrico impõe aos agentes interessados a elaboração de modelos de negócios inovadores, mais focados no serviço que no próprio produto.

A partir desta contextualização, este trabalho tem por objetivo central avaliar a implementação de modelos de negócios inovadores dedicados ao veículo elétrico (híbrido *plug-in* e elétrico puro) que possam fomentar o desenvolvimento da eletrificação veicular e contestar a hegemonia do veículo de combustão interna na indústria automobilística. Dessa forma, tende-se mostrar que a contestação do paradigma tecnológico da indústria automobilística não acontecerá por mera lógica de mercado, mas sim pelo incentivo do setor público (tanto regulatório como econômico) e pela estruturação das condicionantes necessárias à difusão tecnológica do veículo elétrico.

Neste trabalho, será avaliada a hipótese que o desenvolvimento da eletrificação veicular depende da implantação de modelos de negócios inovadores dedicados aos veículos elétricos e focados nos serviços de mobilidade para tornar os mesmos competitivos em relação aos veículos tradicionais e pressionar o regime automobilístico.

Para isso, uma das finalidades do trabalho será examinar os condicionantes do aprisionamento de uma indústria em uma determinada tecnologia e aplicar este quadro teórico ao caso da indústria automobilística. Mais especificamente, o estudo destacará os vetores que favoreceram o trancamento desta indústria no veículo de combustão interna no início do século XX. Um segundo objetivo específico deste trabalho será avaliar a transição da indústria automobilística para tecnologias menos intensivas em carbono como o veículo elétrico, através da perspectiva multinível desenvolvida por GEELS (2004, 2012). Assim,

pretende-se estudar por um lado o conjunto de elementos caracterizando a grande estabilidade do regime automobilístico, mas também destacar os sinais positivos indicando uma possível disseminação em larga escala do veículo elétrico. Finalmente, um terceiro objetivo específico será avaliar a cadeia de valor da indústria automobilística elétrica como um todo, argumentando que as características técnicas do veículo elétrico pressupõem uma completa reformulação dos modelos de negócios e mapeando os principais modelos que participam atualmente do desdobramento da eletrificação veicular.

Para tanto, o trabalho está estruturado em 4 capítulos. O primeiro analisa o aprisionamento tecnológico da indústria automobilística no veículo de combustão interna, através de uma revisão teórica do conceito de aprisionamento de um sistema tecnológico (conceito chamado de *lock-in* na literatura especializada). A argumentação desenvolvida propõe enfatizar que o fator tecnológico é condicionante do aprisionamento, mas não constitui o único vetor explicativo deste fenômeno. Desta forma, outros fatores, especificamente econômicos e políticos influenciam o aprisionamento de um sistema tecnológico e são destacados ao longo do capítulo.

Em seguida, o segundo capítulo aplica o quadro teórico definido ao caso da indústria automobilística. A superação tecnológica do veículo de combustão interna sobre o veículo elétrico na início do século XX é o ponto central da primeira seção, onde é mostrado que apesar de ter chegado 50 anos após o veículo elétrico, o veículo de combustão interna se difundiu rapidamente e conquistou o mercado. Na segunda seção do capítulo, destacam-se os fatores externos que reforçaram o aprisionamento da indústria automobilística no veículo de combustão interna. Finalmente, é argumentada a consolidação do paradigma tecnológico desta indústria ao longo do século XX.

O terceiro capítulo desenvolve uma análise sobre a transição da indústria automobilística para tecnologias menos intensivas em carbono, utilizando o veículo elétrico como referência. Esta análise se baseia no quadro teórico definido por GEELS (2004, 2012). A primeira seção avalia a evolução do panorama sócio técnico onde se insere esta indústria, enfatizando uma mudança de panorama nos últimos anos com as crescentes preocupações ambientais e a implementação de medidas sobre a redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário. Na segunda seção, são tratados os principais parâmetros favorecendo a grande estabilidade do regime automobilístico, destacando especificamente fatores tecnológicos, econômicos, e socioculturais. Na terceira seção, a análise se foca na contestação do paradigma pelo veículo elétrico. O estudo examina em particular a retomada de interesse do setor

público, que ampliou os investimentos dedicados ao veículo elétrico nos últimos anos. Em paralelo, destaca-se que a difusão tecnológica da eletrificação veicular se iniciou nos últimos anos com o veículo elétrico híbrido, que apresentou resultados positivos em alguns dos maiores mercados automobilísticos. Assim, este modelo é o portador de uma nova rota tecnológica e participa da contestação do paradigma em vigor.

Com base os argumentos teóricos e revisão histórica apresentados, o quarto capítulo aborda a questão dos modelos de negócios inovadores dedicados ao veículo elétrico. Em um primeiro momento, o exame é centrado na definição do conceito de modelo de negócios e sua aplicação na indústria automobilística tradicional. É argumentado que o modelo tradicional não pode se aplicar meramente ao veículo elétrico e que a elaboração de modelos de negócios inovadores mais focados no serviço de mobilidade se torna necessária. São apresentados os principais modelos de negócios passíveis de ser implantados ao longo da cadeia de valor da mobilidade elétrica com foco no abastecimento do veículo elétrico, e mais especificamente nas infraestruturas de recarga públicas, necessárias ao fomento inicial da eletrificação veicular. Destaca-se que o estabelecimento das infraestruturas de recarga públicas requer a elaboração de modelos de mercados, que podem variar consideravelmente de um país por um outro em função do marco regulatório vigente. Para ilustrar este argumento, é realizado o estudo do caso da rede nacional de recarga de veículos elétricos em Portugal, cujo modelo de mercado foi implementado desde 2009 e representa um dos modelos pioneiros para a mobilidade elétrica no espaço Europeu. A última seção do quarto capítulo é dedicada ao exame de um modelo de negócio *car sharing*, cuja oferta integra verticalmente os diferentes estratos da cadeia de valor da mobilidade elétrica. Assim, o serviço Autolib', desenvolvido na cidade de Paris, ilustra como um modelo de negócio inovador pode transformar a mobilidade elétrica em um serviço de mobilidade e redefinir o conceito de deslocamento particular.

Por fim, são apresentadas as principais conclusões que, no nível mais geral indicam que existem sinais positivos apoiando o início de uma transição sócio técnica na indústria automobilística para tecnologias menos intensivas em consumo de carbono. O interesse para o veículo elétrico foi retomado desde o início do século XXI e vem se tornando uma alternativa viável ao veículo tradicional, vislumbrando à necessária redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário. Contudo, a instauração de modelos de negócios inovadores dedicados ao veículo elétrico e focados no serviço de mobilidade se revela necessária para possibilitar sua difusão em larga escala no mercado.

1 – APRISIONAMENTO DE UM SISTEMA TECNOLÓGICO

O conceito de aprisionamento, ou *lock-in* em inglês, é frequentemente utilizado para a análise de uma problemática tecnológica, em especial nas discussões sobre as trajetórias tecnológicas e as políticas de inovação. Neste termos, o aprisionamento de uma indústria designa uma situação onde a economia permanece fiel a uma única tecnologia ou a um único sistema tecnológico (OBERLING *et al*, 2012). Cabe destacar que o termo de aprisionamento por si só aparece raramente na literatura, ao contrario do aprisionamento tecnológico (OBERLING *et al*, 2012).

O estudo desse conceito é fortemente correlacionado à constituição de um design dominante, que segue uma trajetória tecnológica definida e possui um poderoso efeito de exclusão em relação à alternativas tecnológicas (DOSI, 1982; ABERNATHY e UTTERBACK 1975, 1978). Porém, o aprisionamento de um sistema tecnológico por uma única tecnologia não depende apenas de fatores técnicos, mas sim de vetores econômicos, sociais e/ou institucionais (DOSI, 1982; UNRUH 2000; GEELS, 2004, 2012). Neste contexto analítico, o foco central deste capítulo é a sistematização de um quadro teórico capaz de explicar o aprisionamento de uma indústria e aplicar esse quadro ao caso específico da indústria automobilística.

Para melhor entender o que se pode denominar por trancamento de uma tecnologia, é preciso analisar primeiro o próprio conceito de tecnologia. Assim, a tecnologia é comumente pensada em termos de artefatos individuais e pode ser definida como um conhecimento ou uma metodologia embutida dentro de um objeto maior, como é o exemplo do computador (UNRUH, 2000). Contudo, essa definição é restrita e ignora as importantes relações sistêmicas existindo entre as tecnologias individuais. Dessa forma, a tecnologia é melhor compreendida em termos de um *know-how* integrado dentro de sistemas e subsistemas conectados entre eles. Por sua vez, um “sistema tecnológico” pode ser considerado como um conjunto de componentes inter-relacionados, conectados em uma rede ou em uma infraestrutura incluindo elementos físicos, sociais e informativos (UNRUH, 2000).

A análise de um sistema tecnológico requer considerar a dimensão multinível do objeto, que ultrapassa o mero quadro tecnológico. Por exemplo, o sistema de transportes automóvel é composto por vários sistemas tecnológicos interconectados, incluindo os veículos, as estradas, a sinalização, os serviços de estacionamento, etc... Esses sistemas são gerenciados por uma

série de instituições públicas e privadas. Para estudar o aprisionamento dos sistemas tecnológicos, é necessário tomar uma abordagem multidisciplinar, pois o fenômeno de aprisionamento resulta de um conjunto de fatores. É claro que a vertente tecnológica é um fator chave no processo global, mas ela precisa ser reforçada por fenômenos externos que vão acontecer em paralelo, de maneira co-evolucionista (GEELS, 2012).

Uma vez definido o conceito de sistema tecnológico, é necessário analisar a evolução desses sistemas, buscando definir e sistematizar um quadro teórico apropriado para explicar o fenômeno de aprisionamento. Ao longo deste capítulo, será examinado como o aprisionamento tecnológico por si só não é suficiente para trancar a indústria em uma única tecnologia, mas resulta sim de uma série de fatores econômicos, políticos e culturais.

1.1 O FATOR TECNOLÓGICO, VETOR CONDICIONANTE DO APRISIONAMENTO

A literatura especializada raramente consegue analisar o processo de inovação sistêmica como um todo, mas se foca especificamente sobre um ou dois aspectos deste processo e tende a simplificar as outras etapas. Neste sentido, a substituição tecnológica é uma das etapas chaves do processo de inovação sistêmica e pode constituir um ponto de entrada para explicar o fenômeno transitório global (GEELS, 2004). Existe uma série de abordagens teóricas para explicar o fenômeno de substituição tecnológica, onde algumas teorias se focam no processo de emergência de novas tecnologias, enquanto outras analisam a substituição das tecnologias antigas pelas emergentes. Neste sentido pretende-se enfatizar a abordagem acadêmica da emergência e difusão das inovações radicais, conceito chave para explicar o aprisionamento de um sistema tecnológico em uma única tecnologia.

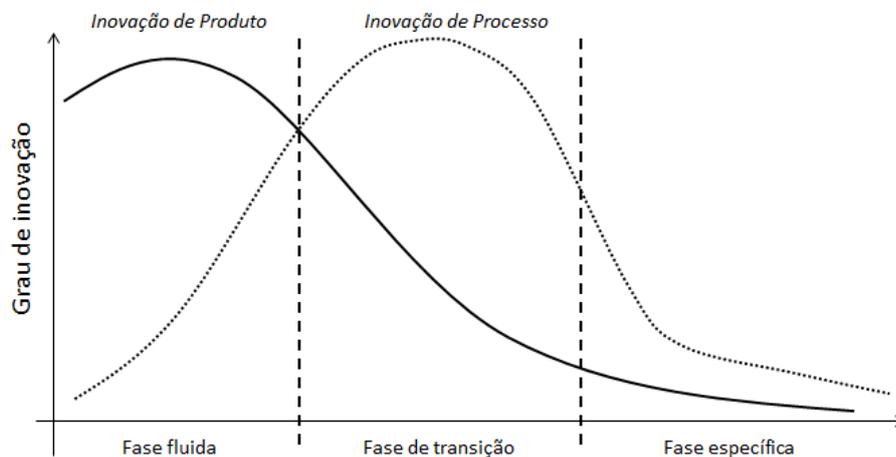
A abordagem do ciclo de vida de uma tecnologia descrito por GEELS (2004) pretende distinguir as três principais fases da evolução de uma determinada tecnologia. Na primeira fase do ciclo, uma nova tecnologia nasce⁴. Esta fase é caracterizada por um grau elevado de incerteza, pois diversas variantes da nova tecnologia estão lançadas no mercado, cada uma possuindo características técnicas próprias. As diversas opções técnicas propostas buscam espaço no mercado e se enfrentam para vencer esta batalha tecnológica. O comportamento de uso da tecnologia pelos consumidores é outro fator de incerteza. Sendo a fase inicial do ciclo

⁴ Chamada de “fase fluida”, conforme assinalado pela Figura 1.

tecnológico, surgem então algumas preferências de uso da nova tecnologia e as empresas tem que se adaptar rapidamente às demandas do mercado para se destacar dos seus competidores.

Na segunda fase, a estandardização tecnológica substitui a diversidade da fase inicial e leva à criação de um design dominante⁵. TEECE (1986) afirma que a emergência de um design dominante pressupõe uma maturidade científica suficiente além da aceitação de algumas normas na indústria envolvida, que permanecem em vigor até que o paradigma seja ultrapassado. A sintetização teórica estabelecida por ABERNATHY e UTTERBACK (1975 e 1978) é central para explicar a formação de um design dominante. Dentro desse modelo, os autores indicam que várias inovações de produtos ocorrem na fase inicial de uma indústria até a emergência de um design dominante. Já na segunda fase do ciclo tecnológico, acabam-se progressivamente as inovações de produto e iniciam-se as inovações de processo, conforme assinalado pela Figura 1. Essas inovações de processo ganham espaço e buscam reduzir os custos de produção da tecnologia (através da melhoria dos processos de produção existentes ou da implementação de novos modos de distribuição), com o objetivo de melhorar o desempenho da empresa no mercado.

Figura 1: O ciclo de vida de uma tecnologia.



Fonte: Adaptação de ABERNATHY e UTTERBACK (1978).

A emergência de um design dominante na fase de transição gera uma profunda mudança da indústria envolvida, onde as alternativas tecnológicas que não venceram na fase inicial são expulsas do mercado. Logo após a estabilização de um design dominante, a indústria deixa

⁵ Chamada de “fase de transição”, conforme assinalado pela Figura 1.

então pouco espaço para outras tecnologias competirem, favorecendo o aprisionamento da indústria em uma determinada tecnologia. Portanto, a teoria do ciclo de vida de uma tecnologia revela que a constituição de um design dominante é chave para explicar o aprisionamento tecnológico, pois vários fatores vão favorecer apenas um determinado produto e excluir progressivamente as alternativas tecnológicas.

Após o advento deste design dominante, a terceira fase do ciclo de vida de uma tecnologia⁶ apresenta uma redução das inovações de processo e de produto, na medida em que o mercado se sature (GEELS, 2004). Conseqüentemente, as melhorias obtidas nesta fase enfrentam retornos cada vez menores. A estrutura de mercado se torna oligopolista, se concentrando na mão de apenas alguns fornecedores. A saturação do mercado faz com que os fornecedores procurem os últimos aproveitamentos das economias de escala. Esta terceira fase marca o fim do ciclo de vida de uma tecnologia. Também, pode se destacar nesta fase o desenvolvimento de um conhecimento específico sobre as expectativas de mercado e os ativos complementares. De acordo com TIDD e BESSANT (2013), nessa fase as empresas vão desenvolver suas competências essenciais, a fim de tirar não tanto a vantagem do produto que elas produzem, mas sim do processo produtivo e do conhecimento que elas possuem. O desdobramento do conhecimento específico nas empresas favorece a estabilidade tecnológica, aprisionando a indústria em uma determinada rota tecnológica e impedindo a emergência de inovações radicais.

A tecnologia que vai vencer no mercado não é sempre a mais avançada tecnologicamente, mas a que oferece mais garantia econômica aos agentes (UNRUH, 2000). Essas garantias vão ser obtidas principalmente na fase inicial de desenvolvimento e comercialização de uma tecnologia, onde os rendimentos de escala crescentes podem dar uma vantagem crucial a um produto sobre seus competidores. O design dominante é então o fruto das experiências e dos desafios da fase inicial e vai seguir uma determinada trajetória tecnológica. Esta trajetória não é apenas resultante de fatores tecnológicos, mas sim função de vetores estratégicos, temporais e históricos.

Sendo assim, a abordagem teórica de substituição tecnológica defendida por ARTHUR (1989) se foca especificamente sobre a questão dos processos de auto reforço que favorecem a adoção de uma determinada tecnologia. Nesta teoria, o objetivo é identificar as fontes que favorecem a adoção de um produto em comparação com os seus competidores. A

⁶ Chamada de “fase fluida”, conforme assinalado pela Figura 1.

contribuição do ARTHUR (1989) foi fundamental nesta abordagem. Segundo o autor, cinco vetores favorecem a adoção de uma nova tecnologia:

- i. **A aprendizagem pela prática:** a utilização de uma tecnologia que chegou cedo no mercado pode criar um efeito “bola de neve” através do qual aquela tecnologia se torna rapidamente a mais apreciada em comparação aos competidores, resultando em uma dominação do mercado;
- ii. **Externalidades de rede:** uma tecnologia cada vez mais utilizada gera uma série de produtos dedicados e adaptados a essa nova tecnologia;
- iii. **Economias de escala:** possibilitando uma redução do preço da tecnologia emergente no mercado;
- iv. **Retornos informativos:** da mesma forma que na aprendizagem pela prática, uma tecnologia cada vez mais utilizada recebe mais atenção e estimula outros consumidores a adotá-la;
- v. **Inter-relação tecnológica:** uma nova tecnologia cada vez mais utilizada favorece a emergência de tecnologias complementares.

Na sua análise, ARTHUR (1989) afirma que esses retornos crescentes podem causar o aprisionamento da indústria em uma determinada tecnologia que não seja necessariamente superior às alternativas disponíveis no mercado. A partir dessa linha de argumentação, o autor destaca que não dá para saber até que ponto a economia é atualmente aprisionada em tecnologias tecnicamente inferiores. Existem vários exemplos revelando que as tecnologias que foram estabelecidas rapidamente no mercado venceram, impedindo qualquer espaço para os competidores, mesmo sendo eles superiores em diversos aspectos. Por exemplo, já foi provado que o teclado QWERTY não é o mais eficiente, pois seu concorrente o teclado DVORAK permite um ganho de tempo considerado entre 20 e 30% (COWAN e HULTÉN, 1996). Contudo, esse outro teclado não foi adotado pelos consumidores e o teclado QWERTY acabou sendo o design dominante. Um outro exemplo é o do reator nuclear de água leve que domina completamente a indústria nuclear americana, resultando de diversos fatos históricos. De acordo com COWAN (1990), o reator nuclear de água leve americano não é a melhor tecnologia existente no mercado, tanto do ponto de vista técnico como econômico. Porém, o autor destaca que cerca de 80% dos reatores nucleares construídos ou sendo construídos no mundo até os anos 1990 usavam essa tecnologia, traduzindo o aprisionamento dessa indústria por uma tecnologia tecnicamente inferior.

Por sua vez, a corrente de pensamento dos neo-schumpeterianos ressalta o aprisionamento tecnológico derivado dos comportamentos humanos. NELSON e WINTER (1982) argumentam que as capacidades cognitivas dos seres humanos são limitadas, então eles usam regras e quadros normativos para dar uma certa coordenação e estabilidade entre os grupos e as organizações. Portanto, a teoria da empresa desenvolvida por esses economistas afirma que as atividades de pesquisa são direcionadas, criando uma rotina ao nível da empresa e gerando a estabilidade tecnológica, além de ser o ponto de partida de uma determinada rota tecnológica. Segundo NELSON e WINTER (1982), quando diversas empresas seguem as mesmas rotinas, isso gera um regime tecnológico. Esses regimes tecnológicos são alvo de grande estabilidade, pois eles abrem um espaço para o desenvolvimento técnico incremental, ao contrario do desenvolvimento técnico radical. Este argumento reforça a ideia de um aprisionamento tecnológico a partir de um determinado momento, quando acaba-se a fase de inovação de produtos e inicia-se a fase de inovação de processo. Ao nível da empresa, a partir deste momento o foco estratégico volta-se para a melhoria incremental das tecnologias, desdobrando o conhecimento específico dos agentes envolvidos e impedindo a emergência de alternativas tecnológicas.

Nesta direção, DOSI (1982) aprofunda a questão do conhecimento específico ao nível da empresa e elabora o conceito chave de paradigma tecnológico. Na sua análise, o autor desenvolve uma analogia com o conceito clássico de paradigma científico do KUHN, afirmando que a trajetória tecnológica de um produto se inscreve dentro de um paradigma tecnológico que direciona as mudanças técnicas a serem perseguidas. De acordo com DOSI (1982), a lógica dessa persistência no afinamento e na especialização do design dominante pode definir uma trajetória tecnológica, onde as empresas desenvolvem de maneira incremental seu conhecimento sobre a tecnologia. Isso pode até resultar no aprisionamento ao nível da empresa, que se fixa no financiamento de uma única tecnologia dominante no mercado. Essa visão se aproxima fortemente da análise desenvolvido por NELSON e WINTER (1982), mencionada no parágrafo anterior, e afirma uma certa rigidez encontrada nas empresas em relação às inovações radicais uma vez que a rota tecnológica do design dominante está determinada.

As abordagens acadêmicas descritas nesta seção buscam examinar o comportamento a ser seguido por uma trajetória tecnológica, além de argumentar em qual medida o sistema econômico pode ser aprisionado por uma determinada tecnologia. Parece evidente que fatores técnicos são necessários para explicar este fenômeno, mas eles não são suficientes. Sendo

assim, é preciso desenvolver um escopo mais abrangente para explicar o aprisionamento de um sistema tecnológico, analisando-se, neste sentido, os vetores econômicos, institucionais e culturais.

1.2 O CARÁTER MULTIDIMENSIONAL DO APRISIONAMENTO

Como foi mencionado anteriormente, um sistema tecnológico pode ser aprisionado por um tipo de tecnologia que não seja a melhor opção técnica, pressupondo que o caminho para chegar até o aprisionamento não é natural e deve ser apoiado por fatores externos. Segundo DOSI (1982), os paradigmas tecnológicos possuem um poderoso efeito de exclusão, pois os esforços realizados pelas organizações que participam do paradigma são focalizados naquele paradigma e são “cegos” em relação às outras possibilidades tecnológicas. A utilização do termo exclusão pelo autor implica que os atores de um paradigma se dedicam ao único sistema tecnológico em vigor e esquecem completamente outras alternativas. Isso é muito relevante do contexto multidimensional que engloba o aprisionamento. Assim, a hipótese do DOSI (1982) é que ao longo do percurso tecnológico seguido pela estabilização de um design dominante, as forças econômicas, sociais e institucionais operam como um filtro, que vai selecionar a futura tecnologia vencedora. O autor ressalta o caráter multidimensional de um aprisionamento tecnológico, onde a matriz de vetores externos condiciona a trajetória tecnológica do paradigma.

A discussão sobre o caráter multidimensional do aprisionamento de um sistema tecnológico vem ganhando destaque nas discussões teóricas sobre as trajetórias tecnológicas. A posição de UNRUH (2000) encaixa-se nessa problemática, tendo por objetivo explicar como as economias industriais se trancaram em sistemas energéticos intensivos em consumo de combustíveis fósseis, através de um processo técnico-institucional complexo. O autor argumenta que o aprisionamento da indústria no consumo de insumos intensivos em carbono gera falhas políticas e de mercado persistentes, que podem inibir a difusão das tecnologias menos intensivas em carbono. Nessa discussão, o autor elabora a noção de complexo técnico-institucional, que é central para capturar a ideia que o aprisionamento ocorre através da interação recíproca entre os sistemas tecnológicos e as instituições governamentais. O trabalho do UNRUH (2000) constitui-se em uma sólida base e fundamentação analítica para

entender ao nível macro as barreiras que impedem a difusão das tecnologias menos intensivas nas emissões de carbono, ressaltando o caráter multidimensional desse fenômeno.

Neste termos, o trancamento tecnológico de uma indústria é reforçado pelas externalidades de rede emergindo das relações sistêmicas entre as tecnologias, as infraestruturas, as indústrias e os utilizadores (UNRUH, 2000). Destacam-se três efeitos de rede que participam da constituição do aprisionamento de um sistema tecnológico:

- i. A força de coordenação na indústria e interindustrial é essencial para criar um sistema completamente funcional. O caso da indústria automobilística é relevante e expressa de forma clara esse efeito, pois a viabilidade dessa indústria é co-dependente do desenvolvimento de múltiplas tecnologias e indústrias conexas⁷;
- ii. A introdução de normas que reduzem ou até eliminam as incertezas para os investidores e estimulam futuros investimentos no design dominante⁸. Uma vez estabelecidos, as normas podem criar um forte efeito de aprisionamento na indústria, pois uma empresa querendo investir em uma tecnologia alternativa baseada em novas normas pode enfrentar fortes barreiras à entrada vinculados diretamente ao paradigma em vigor;
- iii. O mecanismo de financiamento privado que incentiva o desenvolvimento e a difusão de sistemas tecnológicos. O atual financiamento dos sistemas tecnológicos exacerba as condições do aprisionamento, pois o que se verifica na prática é um constante investimento no design dominante⁹. Além disso, em vários casos as formas de financiamento das tecnologias alternativas têm condições muito mais restritas que os financiamentos clássicos por tecnologias implantadas no mercado, inibindo as inovações radicais e favorecendo o aprisionamento¹⁰.

Depois de ter tratado e analisado as externalidades de rede, precisa-se abordar um conceito chave deste capítulo: a co-evolução dos sistemas tecnológicos junto com os vetores institucionais, sociais e econômicos. De fato, é preciso conectar esses elementos entre eles a

⁷ A indústria automobilística depende de todos os subsistemas tecnológicos incluídos no carro: motor, sistema de transmissão, etc... Por outro lado, essa indústria depende também do desenvolvimento das infraestruturas de transporte além de indústrias anexas como a indústria do petróleo.

⁸ As normas podem ser estabelecidas tanto por organizações privadas como por instituições públicas.

⁹ Esse reinvestimento contínuo gera um retorno positivo que reforça a posição da tecnologia dominante e potencialmente cria um aprisionamento para as alternativas tecnológicas.

¹⁰ Principalmente, o financiamento das alternativas tecnológicas vem de capitais de risco ou são de origem pública (programas de financiamento em pesquisa).

fim de ter uma visão integrada da evolução dos sistemas tecnológicos e antecipar a constituição de um aprisionamento de uma indústria. Como já foi mencionado, na sua abordagem UNRUH (2000) integra os sistemas tecnológicos com as instituições, afirmando que elas são interconectadas. O conceito definido, o de complexo técnico institucional (TIC), envolve os sistemas tecnológicos além das instituições que os governam e as difundem no mercado. Um TIC emerge de uma co-evolução sinérgica, iniciada pelos crescentes retornos tecnológicos e é perpetuado pela emergência de um design dominante que engloba as áreas tecnológicas, organizacional e institucional. Essas infraestruturas técnico-institucionais influenciam a evolução do sistema e a sua estabilidade. Em estados avançados, os TIC tornam-se alvo de aprisionamento técnico-institucional, freando a emergência de soluções tecnológicas alternativas.

A evolução de um paradigma tecnológico é condicionada por várias instituições, sejam privadas ou públicas (UNRUH, 2000). Primeiro, as instituições privadas – formais e informais – emergem ao lado dos sistemas tecnológicos e vão impactar a sua evolução. Essas instituições têm a capacidade de criar forças de aprisionamento não mercantis como é caso das associações voluntárias. Da mesma forma, a criação de associações industriais gera uma representatividade para os profissionais da área que servem os sistemas tecnológicos, promovendo a expansão do sistema em vigor. Por outro lado, o *momentum* criado pela interdependência entre o sistema tecnológico e as instituições privadas pode ser reforçado pelas instituições públicas. Assim, UNRUH (2000) enfatiza que as instituições públicas estruturam as “regras do jogo” no sentido que elas ultrapassam as regras dos mercados onde as empresas atuam. Na evolução de um sistema tecnológico, as políticas públicas tem um papel fundamental, pois a intervenção governamental pode eliminar as incertezas de mercado através de diversas ações e assim favorecer uma tecnologia específica.

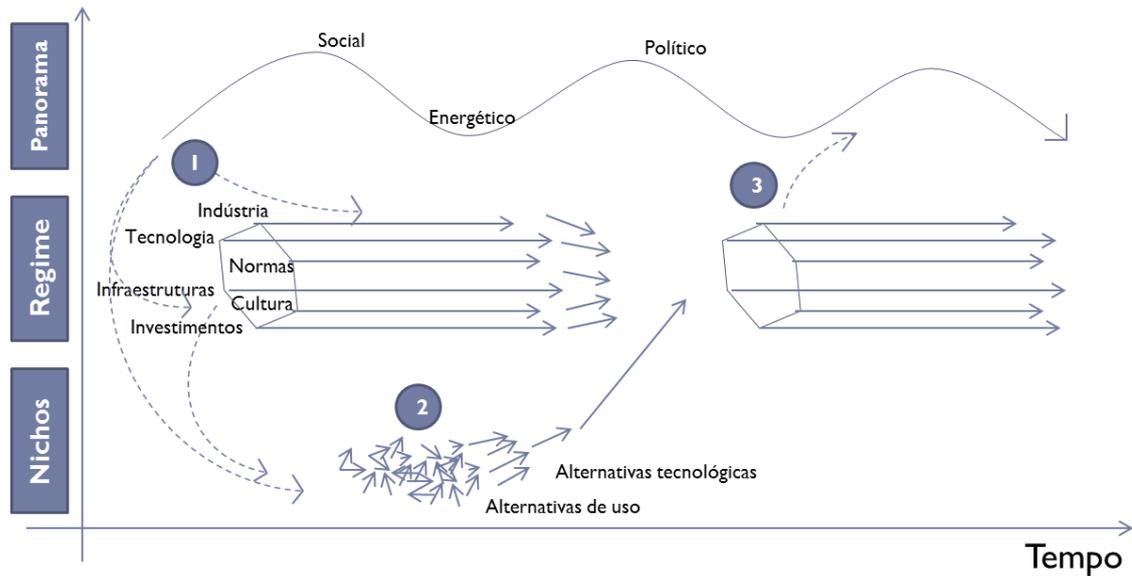
A teorização dos sistemas tecnológicos co-evoluindo junto com vetores externos se sofisticou, apoiando-se na acumulação de evidências empíricas. O ponto de partida é considerar que a tecnologia desempenha um papel fundamental no cumprimento das funções sociais. O desenvolvimento dos sistemas tecnológicos por si só não faz sentido, pois ele está sendo desenvolvido com o objetivo de cumprir um objetivo social. Neste contexto, um conjunto de autores holandeses (DIJK 2013; GEELS, 2004 e 2012; HOOGMA *et al*, 2012; KEMP, 2004; RIP *et al*, 1998) desenvolveu um quadro teórico que pretende entender como os sistemas técnico-sociais cumprem as funções sociais. O sistema sócio técnico definido por GEELS (2004) vai além do mero sistema tecnológico, pois este conceito enfatiza o caráter co-

evolucionista e as interações multidimensionais entre a indústria, a tecnologia, os mercados, a política, a cultura e a sociedade civil. Neste quadro teórico, há uma diferença perceptível em relação à visão de UNRUH (2000), pois se trata de um sistema complexo, envolvendo uma série de vetores sociais e culturais, onde as instituições são presentes, mas representam apenas um dos elementos do sistema. Esses dois autores não usam mais o conceito de TIC, mas o de “análise sócio técnica”, revelando o peso do caráter social quando se trata da evolução dos sistemas tecnológicos, aproximando-se assim da visão do DOSI (1982).

Na sua avaliação, GEELS (2004) entende que os processos econômicos fazem parte de um sistema maior e são embutidos nos processos sociológicos. O objetivo é o de integrar esses processos co-evolucionistas multidimensionais em uma única perspectiva, a fim de ter uma visão abrangente das transições dos sistemas sócio técnicos. A teoria da perspectiva multinível (MLP) responde a essa demanda, por ser uma abordagem sócio técnica dinâmica que trata tanto da estabilidade de um regime, como dos processos inovadores que tentam quebrar o paradigma em vigor. Assim por um lado, a MLP destaca o conjunto de elementos que caracterizam a estabilidade e o aprisionamento de um paradigma tecnológico. Mas por outro lado, a MLP também olha os elementos que constituem potencialmente uma futura transição do sistema tecnológico.

Conforme pode ser visto através da Figura 2, o objetivo da teoria MLP é investigar a dinâmica não linear dos processos transitórios que acontecem nos sistemas tecnológicos, analisando a estabilidade do “regime” sócio técnico em vigor e destacando as inovações emergindo dos “nichos”. É interessante perceber que o desenvolvimento das alternativas tecnológicas acontece em áreas protegidas, chamadas de “nichos” e enfrenta o aprisionamento do “regime” sócio técnico estabelecido. As inovações radicais são bloqueadas nos “nichos” porque elas implicam custos maiores, mudanças no uso da tecnologia e enfrentam uma inadequação regulatória e uma infraestrutura inadaptada (GEELS, 2012).

Figura 2: A dinâmica geral da perspectiva multinível.



Fonte: Adaptação de GEELS (2012).

Por outro lado, a inovação no “regime” sócio técnico é majoritariamente incremental, por conta de vários mecanismos de aprisionamento e devido a uma trajetória tecnológica determinada. As mudanças acontecem, mas em escala bem menor, e apresentam uma grande rigidez em relação à entrada de inovações radicais que emergem dos nichos. Os principais mecanismos de aprisionamento destacados no “regime” sócio técnico por GEELS (2012) são:

- i. Crenças compartilhadas tornando os atores “cegos” em relação aos desenvolvimentos que fogem do regime;
- ii. Regulações e leis criando barreiras de entradas para as alternativas tecnológicas;
- iii. Investimentos contínuos no regime;
- iv. Infraestruturas e recursos humanos envolvidos no regime; e
- v. Custos reduzidos, consequência das economias de escala.

Com base nesses mecanismos de mudança nos “nichos” e de estabilidade no “regime”, o “panorama” representa o contexto sócio técnico mais amplo que influencia a dinâmica dos nichos e do “regime” (GEELS, 2012). Concretamente, o “panorama” inclui as ideologias políticas, os valores sociais, as crenças e as tendências macroeconômicas, e foge do controle dos atores do “regime”. Uma mudança de direção no “panorama” sócio técnica pode abrir um espaço no “regime”¹¹ e desestabilizando os agentes envolvidos para que as inovações radicais

¹¹ Equivalente à etapa 1 na Figura 2.

dos “nichos” possam se desenvolver¹². Contudo, para que os “nichos” possam constituir uma alternativa viável ao “regime” estabelecido e criassem um novo “regime”¹³, é preciso que as alternativas tecnológicas se alinhem e resultem em uma configuração estável (ou design dominante). Da mesma forma, os “nichos” ganham *momentum* se eles forem economicamente incentivados pelos agentes e socialmente mais aceitados pelos consumidores.

Um bom e consistente exemplo deste processo ocorreu na década de 2000, com a evolução das políticas sobre as questões ambientais e a implementação de novas normas para mitigar as emissões de gases de efeito de estufa. A evolução do contexto político abriu um espaço para que as tecnologias menos intensivas em emissões de carbono possam se difundir no mercado, modificando o atual regime tecnológico em vigor.

Em síntese, este primeiro capítulo procurou definir um quadro teórico apropriado para tratar da questão do aprisionamento na sua integralidade. Foi importante destacar que o aprisionamento de um sistema não é apenas dado por fatores tecnológicos, mas é reforçado por vetores institucionais, econômicos, sociais e culturais. Esta análise revelou que a mudança do quadro global pode pressionar o regime tecnológico em vigor e assim favorecer a emergência de alternativas tecnológicas. Neste contexto, o próximo passo no desenvolvimento analítico será a aplicação deste quadro teórico ao caso da indústria automobilística.

¹² Equivalente à etapa 2 na Figura 2.

¹³ Equivalente à etapa 3 na Figura 2.

2 – APRISIONAMENTO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO SÉCULO XX

Neste segundo capítulo propõe-se aplicar o quadro teórico do aprisionamento tecnológico definido previamente ao caso da indústria automobilística. Em um primeiro momento, detalha-se a superação tecnológica do veículo de combustão interna sobre as alternativas tecnológicas na virada do século XIX para o século XX, destacando os desafios técnicos a serem superados pelas três tecnologias presentes na época. Em uma segunda seção, são analisados os principais fatores externos que reforçaram a superação tecnológica do carro de combustão interna e favoreceram o aprisionamento da indústria automobilística. Por fim, se examina a consolidação deste aprisionamento ao longo do século XX, ressaltando como a contestação tecnológica foi impedida pelos agentes da indústria.

2.1 A SUPERAÇÃO TECNOLÓGICA DO VEÍCULO DE COMBUSTÃO INTERNA NO INÍCIO DO SÉCULO

A história da indústria automobilística tem sua origem no ano de 1801, com a invenção do primeiro veículo a vapor de Richard Trevithick, e abre um século de fortes mudanças no setor de transportes (CHAN e CHAU, 2001). O motor a vapor foi a única tecnologia automóvel disponível no mercado durante mais de 30 anos. O ano de 1834 marca a invenção do primeiro veículo elétrico da história pelo americano Thomas Davenport¹⁴. Por sua vez, o veículo de combustão interna chegou no mercado apenas em 1885¹⁵, ou seja, mais de 80 anos após a invenção do veículo a vapor e 50 anos depois do veículo elétrico. Mesmo assim, FRERY (2000) afirma que o veículo de combustão interna conseguiu se difundir rapidamente no mercado. Neste contexto, a indústria automobilística do período 1890 – 1910 é marcada pela forte competição entre três tecnologias: os veículos com motor de combustão interna, os veículos a vapor e os veículos elétricos (BORDEN, BOSKE, 2013).

Segundo CHAN e CHAU (2001), em 1900, o mercado americano era principalmente dividido entre os carros elétricos e os carros a vapor: dos 4.192 carros vendidos nos EUA naquele ano, 40% eram carros a vapor, 38% carros elétricos e 22% carros com motor de

¹⁴ O primeiro veículo elétrico foi na realidade um triciclo elétrico, equipado de uma bateria não recarregável.

¹⁵ O primeiro veículo de combustão interna foi inventado pelos Karl Benz e Gottlieb Daimler em 1885.

combustão interna. É interessante perceber que naquele momento, o carro a vapor estava na frente das outras tecnologias, antes de desaparecer completamente no início dos anos 1920. Da mesma forma, o carro elétrico era mais vendido que o carro com motor de combustão interna, mas enquanto as vendas de carros elétricos dobraram entre 1899 e 1909, as vendas de carros de combustão interna foram multiplicadas por mais de 120 (COWAN e HULTEN, 1996). Vários fatores explicam a profunda mudança do mercado automobilístico no início do século XX e entre todos, a superação tecnológica do veículo de combustão interna sobre as outras tecnologias é o vetor mais relevante para explicar esse fenômeno. Assim, nos próximos parágrafos serão apresentados, de forma sintética, os principais desafios técnicos enfrentados para cada tipo de motor, buscando destacar como o motor de combustão interna venceu a concorrência tecnológica.

No que se refere aos veículos a vapor, os consumidores se desinteressaram em função da não superação dos seus principais problemas técnicos:

- i. A necessidade de esquentar o motor a vapor durante 20 minutos antes de utilizar o veículo e;
- ii. A grande quantidade de água consumida.

O veículo elétrico apresentava também várias limitações técnicas freando sua difusão em grande escala. Os problemas do carro elétrico eram basicamente relacionados com a baixa capacidade de armazenamento de energia das baterias, que determinava uma autonomia reduzida desses veículos. Por outro lado, o veículo elétrico:

- i. Possuía uma velocidade máxima baixa e;
- ii. Não conseguia subir as vias de maior inclinação.

Embora os avanços terem sido realizados na capacidade de armazenamento, as performances das baterias impediram que carros elétricos fossem competitivos com os veículos de combustão interna no início do século XX.

Em paralelo a essas dificuldades enfrentadas pelos modelos elétricos e a vapor, o veículo de combustão interna superou seus próprios desafios técnicos. Segundo COWAN e HULTEN (1996), os maiores problemas do veículo de combustão interna eram, em síntese:

- i. O barulho;

- ii. Dificuldades para arrancar¹⁶;
- iii. Consumo elevado de água;
- iv. Autonomia reduzida e;
- v. Velocidade máxima baixa.

Em 1912, a empresa americana CADILLAC lançou os primeiros veículos de combustão interna equipados com motores de arranque elétricos, resolvendo um dos maiores problemas do carro de combustão interna. Isso fez com que os veículos elétricos perdessem uma importante vantagem tecnológica. Assim que o veículo de combustão interna ganhava destaque no mercado, os esforços em P&D no setor das baterias se direcionaram para o desenvolvimento de técnicas de produção em grande escala de baterias de pequena capacidade de armazenamento utilizadas nos carros de combustão interna, e deixaram de lado as pesquisas para aumentar a capacidade de armazenamento das baterias de carros elétricos. Aliás, os avanços tecnológicos do veículo de combustão interna não se limitaram a facilitar o arranque do motor, pois várias invenções permitiram reduzir o consumo de água, melhorar a autonomia e aumentar a velocidade máxima.

Neste quadro, o veículo de combustão interna ganhou a batalha tecnológica do início do século XX. Os desafios foram superados rapidamente e permitiram de superar os carros elétricos e de combustão interna. No entanto, conforme será analisada em seguida, a disputa não era apenas tecnológica, dado que vários fatores externos contribuíram para a consolidação e trancamento tecnológico da indústria automobilística no início do século XX.

2.2 FATORES EXTERNOS QUE REFORÇARAM O APRISIONAMENTO TECNOLÓGICO

O sucesso do carro de combustão interna no início do século XX se explica em parte com a vitória tecnológica deste modelo em comparação às outras tecnologias. Porém, é importante ressaltar que o aprisionamento tecnológico do início do século passado é reforçado por fatores externos determinantes, como a produção em escala dos veículos, preço do

¹⁶ Anteriormente, os carros de combustão interna precisavam de uma manivela para acionar o motor a combustão, ao contrario dos carros elétricos.

petróleo atrativo e a rápida multiplicação dos postos de distribuição de gasolina. Estes fatores que serão examinados em seguida.

Um dos fatores determinantes na escolha de um veículo é o preço. Segundo COWAN e HULTEN (1996), em 1900, um carro elétrico custava entre USD 1.250 e USD 3.500, enquanto o preço de um carro a vapor era entre USD 1.000 e USD 2.000 e entre USD 650 e USD 1.500 para um carro de combustão interna. Essa diferença de preços entre os veículos pode se explicar pelo custo próprio de cada tecnologia, como também pela estratégia de venda da montadora. Logo depois, as diferenças de preços entre as tecnologias se acentuaram, seguindo diversas estratégias de mercados dos fabricantes. Mais especificamente, a produção em grande escala foi introduzida bem mais cedo na indústria dos carros de combustão interna, reduzindo drasticamente o preço desses modelos¹⁷. Em comparação, a indústria do carro elétrico seguia uma estratégia diferente, pois a maioria dos fabricantes preferia vender seus carros para consumidores selecionados e com preços altos¹⁸.

Desta forma, a partir de 1913 com a criação do sistema de produção em série dos automóveis a gasolina pelo Henry Ford, os veículos elétricos entraram em declínio. Nesse ano, 180 mil *Ford T* foram produzidas no mercado norte americano, enquanto apenas 6 mil veículos elétricos chegaram no mercado. A produção em larga escala fez com que o preço dos carros de combustão interna caísse e passassem a custar a metade do preço dos elétricos. Sendo que o preço da *Ford T* no ano do seu lançamento era de U\$ 850 e caiu para U\$ 260 em 1925, pode-se concluir que a produção em escala dos veículos de combustão interna constituiu então um fator condicionante do destaque dessa tecnologia (CHAN e CHAU, 2001).

Segundo, o preço atrativo do petróleo do início do século XX favoreceu a vitória do veículo de combustão interna. Com efeito, as grandes descobertas de reservas de petróleo, especialmente as do Texas em 1901, provocaram a redução do preço da gasolina, que se tornou viável e atrativa para o setor de transportes (BARAN e LEGEY, 2010; BORDEN e BOSKE, 2013). Neste contexto, o preço competitivo da gasolina estimulou a compra de veículos de combustão interna e iniciou a difusão dos postos de distribuição de combustível.

¹⁷ O primeiro carro de combustão interna produzido em grande escala foi o *Oldsmobile Curved Dash* em 1901, com um preço final de apenas U\$ 650. Em 1902, 2 mil desses carros foram vendidos.

¹⁸ Em 1914, o preço médio dos 18 carros elétricos registrados era de U\$ 2.950.

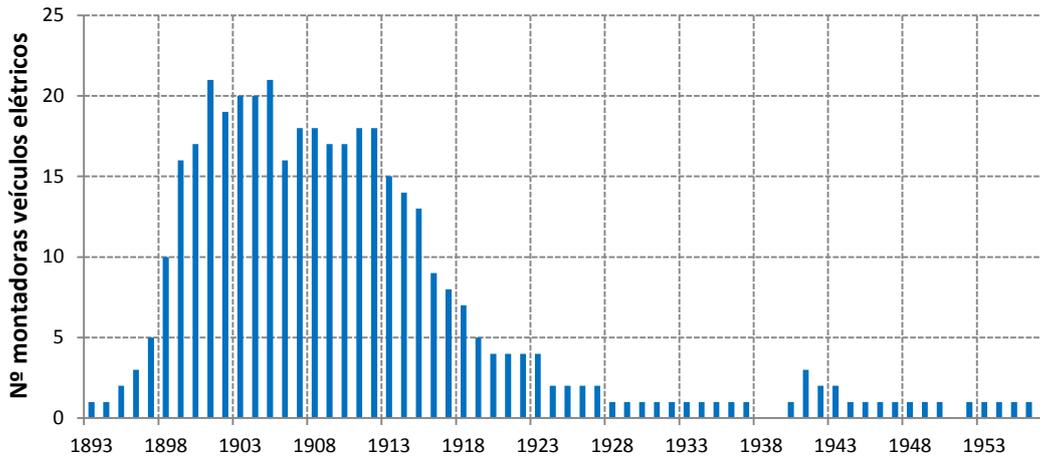
A multiplicação dos postos de gasolina a partir de 1914 decorreu do preço do combustível mais competitivo e é outro fator chave na consolidação do trancamento tecnológico. De acordo com JAKLE (1978), determinar onde e quando foi instalado o primeiro posto de gasolina nos EUA é difícil, pois vários postos apareceram no país entre 1907 e 1913. Porém, pode-se destacar o papel da *Standard Oil of California* no processo de difusão dos postos de gasolina nos EUA, pois a empresa petrolífera americana instalou seu primeiro posto em 1907 em Seattle e lançou sua primeira rede de postos a partir de 1914¹⁹. Assim que o veículo de combustão interna ganhava destaque no mercado automobilístico, o número de postos de gasolina se multiplicou nos EUA para atingir um patamar de 15 mil em 1920, o que equivale a uma instalação de aproximadamente 1.200 postos por ano no país (JAKLE, 1978).

Concomitantemente, a partir da década de 1920, a questão da autonomia dos veículos passou a ter grande relevância devido à construção de diversas rodovias para interligação das grandes cidades americanas. Segundo BORDEN e BOSKE (2013), o sistema rodoviário construído na década de 1920 nos EUA atingiu uma qualidade e quantidade suficientes para favorecer o uso de veículos de maior autonomia. Dado que a capacidade das baterias dos veículos elétricos não permitia grandes deslocamentos, o interesse por veículos elétricos perdeu concorrência em relação a este parâmetro. Por sua vez, o veículo de combustão interna era favorecido pela interligação rodoviária das cidades americanas, sendo uma autonomia razoável para percorrer longas distâncias e uma instalação de postos de gasolina coerente com o planejamento rodoviário.

Desta forma, diversos fatores econômicos e políticos consolidaram a posição do veículo com motor de combustão interna como paradigma tecnológico vigente no início do século XX. Para esta consolidação, a crescente oferta de petróleo e, ao mesmo tempo, a queda do preço da gasolina foram determinantes na redução da competitividade dos carros elétricos. O Gráfico 1 resume a queda de competitividade dos veículos elétricos através do número de montadoras de veículos elétricos presentes no mundo na virada do século XX.

¹⁹ A rede inicial era de 42 postos e seguia um padrão estabelecido pela *Standard Oil of California*: um posto se constituía de uma pequena casa pintada uniformemente e identificável com sinais da marca. O custo de um posto dessa rede variava entre USD 500 e USD 1.500 (JAKLE, 1978).

Gráfico 1: Número de montadoras de veículos elétricos no mundo entre 1893 e 1957.



Fonte: FRERY (2000).

Esta parte mostrou como os fatores externos reforçaram a posição dominante do veículo de combustão interna no início do século XX e assim favoreceram a criação das bases do aprisionamento da indústria automobilística. A próxima seção vai se centrar no estudo da estabilidade dessa indústria ao longo do século passado, analisando a performance irregular do veículo elétrico no mercado.

2.3 CONSOLIDAÇÃO DO APRISIONAMENTO AO LONGO DO SÉCULO

Depois ter superado a disputa tecnológica do início do século XX e mantendo liderança incontestável desde então, o veículo de combustão interna começou a sofrer algumas contestações pelos veículos de maior eficiência energética, como os veículos elétricos ou os veículos com célula de combustível, a partir da década de 1970. Porém, a combinação de parâmetros tecnológicos e sobretudo externos impediu que essa concorrência criasse condições reais e efetivas para uma transição e ruptura do paradigma vigente.

Na década de 1970 os veículos elétricos voltaram a despertar interesse em função da Crise do Petróleo. Como assinala BARAN (2012) em 1976 o Senado dos EUA apresentou um programa de USD 160 milhões para fomentar a produção de veículos elétricos e de incentivo a produção de baterias. O objetivo inicial do programa era fabricar cerca de 2.500 veículos elétricos e híbridos entre 1978 e 1979 e, posteriormente, atingir a meta de 5.000 veículos por ano.

Porém, apesar das montadoras demonstrarem interesse por essa iniciativa²⁰, o programa nunca atingiu as metas propostas e foi cortado por razões econômicas nos anos 1980. A perda de interesse pelos veículos elétricos pode ser explicado por duas grandes razões (SCHOT *et al*, 1994):

- i. As pressões decorrentes da crise energética sobre o fornecimento e o preço da energia cessaram nos anos 1980;
- ii. Os problemas técnicos enfrentados pelos veículos elétricos – especificamente das baterias – se tornaram cada vez mais difíceis a superar, apesar dos grandes dispêndios em P&D.

Observa-se assim que a década de 1980 é marcada pelo abandono dos programas de pesquisa sobre os veículos elétricos. De acordo com SCHOT *et al* (1994), a maioria das empresas e dos governos retirou o veículo elétrico dos seus programas de P&D por ter uma prioridade baixa.

No final dos anos 1980, surge um novo condicionante favorável aos veículos elétricos. Trata-se da percepção da relevância da redução das emissões de gases do efeito estufa. Desta forma, novamente a questão da mobilidade elétrica voltou ao debate (BORBA, 2012). O estado da Califórnia foi o líder desse movimento, por ter implantado em 1988 normas sobre o padrão de qualidade do ar e adotado a legislação *California Air Resources Board* (CARB) em 1990. Essa legislação definiu cotas de vendas de veículos mais eficientes, incluindo os veículos elétricos. A CARB fixou uma meta de vendas para as montadoras de 2% de veículos elétricos em 1998, subindo para 5% em 2001/2002 e 10% em 2003 (SCHOT *et al*, 1994). Com essa legislação ambiciosa, o governo esperava atingir 400 mil veículos elétricos no estado em 2003. O estado da Califórnia também incentivou a produção de veículos elétricos via um bônus de U\$ 5 mil aos fabricantes para cada venda confirmada.

Essa iniciativa criou um novo *momentum* para os veículos elétricos, pois vários estados americanos seguiram as normas aplicadas pela Califórnia e decidiram também incentivar a produção e compra de veículos elétricos²¹. Medidas foram também tomadas ao nível federal, através do *Energy Policy Act* de 1992 que estipulava pelo governo federal um desconto de até

²⁰ A montadora General Motors apresentou em 1979 uma versão elétrica da Chevette e proclamou que a produção em grande escala ia começar dentro de 5 ou 10 anos.

²¹ Segundo DIJK *et al* (2013), os estados de Nova Iorque, Massachusetts, Vermont e Maine adotaram as normas do estado da Califórnia, enquanto 8 outros estados mostraram seu interesse para adotar o padrão de qualidade do ar californiano e se afiliaram ao programa *National Low Emissions Vehicle*.

USD 4 mil na compra de um veículo elétrico. Além disso, o governo disponibilizou USD 50 milhões para subsidiar projetos pilotos de veículos elétricos e USD 40 milhões para o desenvolvimento de infraestruturas de recargas (SCHOT *et al*, 1994). Ainda em 1992, BARAN (2012) enfatiza que a União Europeia anunciou uma política de transportes sustentável, onde a posição dos carros elétricos era central para atingir as metas anunciadas. O novo contexto político do início da década de 1990 favoreceu o início de novos programas de P&D em vários países da União Europeia através de subsídios a projetos de veículos elétricos²² (DIJK *et al*, 2013).

Entretanto, intensivas propagandas dos fabricantes de carros convencionais e das companhias de petróleo privadas desestimularam o desenvolvimento da eletrificação veicular na década de 1990. Como ilustração, as três maiores montadoras americanas General Motors, Ford e Chrysler, chamadas de *Big Three*, argumentavam que a legislação CARB era problemática, na medida em que consideravam que as performances e os preços altos dos veículos elétricos impediriam de atingir as cotas fixadas pelo CARB (SCHOT *et al*, 1994). Segundo BORBA (2012), a *American Automobile Manufacturers Association* (AAMA) a descreditou o benefício ambiental eventual dos veículos elétricos, afirmando que o chumbo presente nas baterias não traria benefícios ambientais. Em paralelo, as empresas petrolíferas – Exxon, Shell e Texaco – financiaram de maneira direta propagandas contra os veículos elétricos. Neste sentido, o *lobby* da indústria automobilística americana, associado ao apoio das companhias petrolíferas, fez com que o governo californiano abandonasse o programa CARB em 1996²³.

Cabe destacar também que os progressos tecnológicos da década de 1990 sobre os veículos elétricos foram limitados, especificamente em relação às baterias (DIJK *et al*, 2013). Até essa época, as baterias eram ainda majoritariamente de chumbo e ácido, que apresentam propriedades técnicas limitando fortemente a autonomia do carro, além de ter uma vida útil extremamente curta. Foi apenas no final da década de 1990 que as empresas se interessaram por novas tecnologias de baterias com propriedades energéticas mais interessantes. Porém, os

²² Um dos projetos mais ambiciosos foi desenvolvido pela EDF, estatal francesa de energia elétrica, que comprou 2 mil carros elétricos para montar um projeto piloto em La Rochelle, na região Oeste do país. Embora o projeto em si tenha sido um sucesso, devidos aos *feedbacks* positivos dos utilizadores, um problema central era que poucos consumidores mostraram interesse para comprar os veículos elétricos fora desse projeto.

²³ Na mesma época na França, os fabricantes de automóveis decidiram adaptar seus modelos convencionais em modelos elétricos, ou seja, trocar o motor a combustão por um motor elétrico, adicionando uma bateria para armazenar a energia elétrica. Essa iniciativa foi rapidamente abandonada, pois poucos veículos foram vendidos.

custos altos associados a essas tecnologias, por resultar de uma escala de produção ainda baixa, impediram uma comercialização rápida de novos veículos elétricos com performances mais interessantes para o mercado.

Por outro lado, a falha dos veículos elétricos na década de 1990 não pode ser dissociada da visão da mobilidade que os consumidores têm. De fato, DIJK *et al* (2013) afirmam que no meio dos anos 1990 os consumidores privilegiam a autonomia e o preço do carro, deixando as preocupações ambientais como um problema secundário. Esse dado reflete a ideia que os consumidores ainda não estavam preparados para aceitar a eletrificação veicular e ainda menos dispostos por uma profunda transição do paradigma na mobilidade moderna. Contudo, FRERY (2000) argumenta que o rejeito social dos veículos elétricos foi de uma certa forma a resultante do *lobby* operado pela indústria automobilística, ou pelo menos foi influenciado por ele.

3 – A LENTA TRANSIÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Dado o apresentado nos dois primeiros capítulos, é compreensível porque o veículo elétrico chegou ao fim do século XX em posição desfavorável, tendo uma queda de interesse por parte dos investidores e sofrendo do *lobby* da indústria automobilística. Enfrentando uma série de desafios, o veículo elétrico não conseguiu competir com o veículo de combustão interna, que consolidou sua posição dominante no mercado e confirmou a grande estabilidade do regime automobilístico. Assim, a posição hegemônica do veículo de combustão interna na indústria automobilística ilustra a ideia que uma vez o paradigma tecnológico estabelecido, há pouco espaço para alternativas tecnológicas competirem²⁴.

Contudo, este terceiro capítulo propõe reavaliar a supremacia do veículo de combustão interna no século XXI, através da ótica da teoria MLP apresentada no primeiro capítulo. O objetivo deste capítulo é investigar se existe atualmente um processo tecnológico transitório na indústria automobilística. A primeira seção avalia a lenta evolução do panorama sócio técnico onde se insere a indústria automobilística, enfatizando que a evolução das políticas internacionais para combater as mudanças climáticas participa da contestação do veículo de combustão interna. O estudo do panorama sócio técnico é primordial na medida em que ela pressiona o regime e abre oportunidades para alternativas tecnológicas se difundirem. Em seguida, pretende-se argumentar a grande estabilidade do regime automobilístico, avaliando uma série de fatores técnicos, econômicos, institucionais e sociais que favorecem a posição dominante do veículo tradicional. Na terceira seção, se examina a emergência do veículo elétrico no século XXI, argumentando a existência de sinais positivos favorecendo a difusão do veículo elétrico no médio prazo, desestabilizando o domínio do veículo de combustão interna nesta indústria.

3.1 MUDANÇA NO PANORAMA SÓCIO TÉCNICO

3.1.1 A crescente preocupação ambiental

²⁴ Se referir ao item 1.1.

A influência humana sobre o sistema climático é uma tese defendida pelos especialistas, vislumbrando que as emissões de gases de efeito de estufa resultantes das atividades humanas atingem picos históricos no mundo (IPCC, 2014a). Os efeitos das emissões de gases de efeito de estufa no meio ambiente já foram detectados e estão sendo monitorados. Segundo o IPCC (2014a), é extremamente provável que as emissões de CO₂ sejam a causa primária do aquecimento global desde os anos 1950. Dessa forma, as mudanças climáticas causam impactos generalizados sobre o meio ambiente. Entre outros, ressaltam-se o aquecimento da atmosfera e dos oceanos, a diminuição das quantidades de neve e de gelo e a subida generalizada do nível dos mares²⁵.

Assim, um dos maiores desafios ambientais do início do século XXI é relacionado à mitigação dos gases de efeito de estufa. Neste quadro, o setor de transportes é um dos maiores emissores de gases de estufa, representando por si só 20% da demanda mundial em energia primária e 25% das emissões de CO₂ (IEA, 2012). No longo prazo, as estimativas vislumbram um aumento drástico da demanda energética deste setor, a qual pode dobrar até 2050. O objetivo de limitar o aquecimento global para 2°C é um desafio para os agentes dessa indústria, na medida em que o setor de transportes deverá reduzir suas emissões em 30% até 2050 para atingir essa meta ambiciosa. Isso será apenas possível com a melhoria das tecnologias existentes e a integração em larga escala de tecnologias automobilísticas alternativas, que privilegiam a eficiência energética, como os veículos elétricos híbridos e elétricos puros.

De acordo com IPCC (2014a), as ações políticas de mitigação das emissões precisam ser coordenadas a diferentes escalas: internacional, regional, nacional, e até local. Anota-se que as ações de cooperação internacional estão se reforçando nos últimos anos, com o objetivo de combater as emissões de gases de efeito de estufa. Assim, o tratado *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), ratificado em 1992, constituiu a primeira etapa da colaboração internacional para limitar as mudanças climáticas. O protocolo de Kyoto veio reafirmar a posição dos países membros do UNFCCC e foi aprovado em 1997, vislumbrando a imposição de metas de redução das emissões de gases de efeito de estufa nos países desenvolvidos (UNFCCC, 2015). A primeira fase do protocolo de

²⁵ O IPCC (2014a) destaca que o aquecimento global é estimado em torno de 0,85°C para o período de 1880 até 2012. Por outro lado, entre 1979 e 2012 foi medido que a extensão média de gelo no mar Ártico diminuiu com uma taxa compreendida entre 3,5 e 4,1% por década, ilustrando a rápida fonte do gelo nos pólos do planeta. Por fim, entre 1901 e 2010, o nível global dos mares subiu de 0,19 metros, sendo maior que a subida dos mesmo durante os dois últimos milênios.

Kyoto cobrou o período de 2008 até 2012, enquanto a segunda fase entrou em ação em 2013 e estará efetiva até 2020. Hoje em dia, o UNFCCC é internacionalmente reconhecido e inclui a maioria dos países do mundo, apoiando todas as instituições envolvidas nas negociações internacionais sobre as mudanças climáticas²⁶. Além disso, as ações dessa cooperação internacional vislumbram também o longo prazo (após 2020), pois as negociações já foram iniciadas na conferência de Durban em 2011 e estão sendo desenvolvidas desde então.

Da mesma forma, percebe-se que a questão das emissões de gases de efeito de estufa se tornou alvo de políticas nacionais. Por exemplo, o IPCC (2014b) identifica que, em 2012, 39% dos países do mundo (representando 73% da população mundial e 67% das emissões de gases de efeito de estufa) possuíam leis ou estratégias climáticas. Isso representa um crescimento de 23% em comparação com 2007. Portanto, a questão da mudança climática ganha cada vez mais espaço nos debates internos e está sendo estudada. Contudo, existem ainda algumas distorções regionais sobre a estabilização de leis climáticas. Assim, em 2012, enquanto os países em desenvolvimento da Ásia, da África e da América Latina estabeleceram leis ou estratégias climáticas para o equivalente a 77% dos seus gases de efeito de estufa, os países da OCDE apenas legislaram sobre 38% das suas emissões (IPCC, 2014b).

Nesses termos, o amadurecimento da luta internacional contra as mudanças climáticas ao longo dos últimos anos permitiu que vários instrumentos políticos sejam implementados. Entre outros, podem ser citadas as ações iniciadas pelo poder público, tal como: medidas econômicas (taxas, subsídios ou ainda criação de mercados de carbono), inovações regulatórias (fixação de normas para as emissões, regulação sobre as tecnologias e os produtos a serem usados), ou ainda políticas a caráter informativas (IPCC, 2014b).

3.1.2 Padrões mais restritivos de eficiência energética veicular

As políticas direcionadas no financiamento e desenvolvimento tecnológico para combater as mudanças climáticas complementam as medidas centradas na mitigação das emissões de CO₂. O ICCT (2007) enfatiza que medidas regulatórias foram tomadas nos

²⁶ Atualmente, 195 países participam da convenção UNFCCC, enquanto uns 192 ratificaram o protocolo de Kyoto.

maiores mercados automobilísticos do mundo na primeira década do século XXI a fim de reduzir as emissões do setor de transportes.

Conforme assinalado por WILLS e LA ROVERE (2010), após a crise do petróleo de 1973 os Estados-Unidos adotaram a Lei de Política e Conservação de Energia que estabeleceu o programa CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*), fixando metas de eficiência para as frotas de veículos do país. Naquela época, as questões ambientais não eram uma prioridade política explícita, mas sim a redução da dependência dos EUA ao petróleo importado. O standard CAFE ficou inalterado durante décadas com uma meta de 27,5 mpg (ou 11,7 km/l) para os novos veículos leves e foi reformada em 2007 pelo Congresso norte-americano quando deu aprovação da Lei de Independência e Segurança Energética (EISA). Segundo SMITH (2010), o Congresso elevou a meta de eficiência da frota dos novos veículos leves para 35,0 mpg (ou 14,9 km/l) até 2020.

Essas metas promissoras são o resultado de um acordo entre o governo federal e as montadoras, mas envolve também o estado da Califórnia. A Califórnia é um estado de referencia em relação à regulação sobre as emissões de gases de efeito de estufa, sendo que desde 2002 o governo estadual adotou a lei AB1493²⁷ requerendo a limitação das emissões pelos veículos de motor de combustão interna. O padrão federal se inspirou das metas californianas e teve as mesmas metas de eficiências que o programa definido pelo estado da Califórnia em 2004.

A União Europeia é outro líder nas políticas ambientais e tomou iniciativas em relação à redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário a partir dos anos 1990, com objetivo de reduzir as emissões dos veículos leves de 35% até 2005 (SMITH, 2010). Porém, ocorreram várias alterações nesse programa, prorrogando o prazo da meta inicial e reduzindo os objetivos das primeiras medidas. Um programa mais ambicioso foi retomado em 2009, pelo voto do regulamento n°443/2009, com o objetivo de alcançar uma meta de eficiência energética de 120 g/km até 2015 e de 95 g/km até 2020.

O Japão também adotou medidas de redução das emissões, pois segundo WILLS e LA ROVERE (2010) o país estabeleceu seus primeiros padrões de redução de emissões de CO₂ em 1999 com o programa *Top Runner*. Em 2006, o governo japonês revisou as metas

²⁷ Segundo SMITH (2010), o estado da Califórnia designou à CARB a tarefa de regulamentar a redução das emissões de gás de efeito estufa dos veículos. Assim, a CARB estabeleceu em setembro de 2004 padrões de emissões para os anos 2012 a 2016.

estabelecidas e expandiu o número de classes de veículos afetados pela norma. Essas novas metas projetaram uma melhoria média do consumo de combustível dos novos veículos de 13,6 km/l em 2004 para 16,8 km/l em 2015 (SMITH, 2010).

De maneira geral, a Tabela 1 aponta que até Agosto de 2014, os maiores mercados automobilísticos do mundo adotaram medidas de eficiência para os veículos leves²⁸ e regularam as emissões de gases de efeito de estufa, com exceção da Rússia e da Austrália (ICCT, 2014). Os últimos standards adotados internacionalmente entre 2013 e 2014 preveem uma redução das emissões de CO₂ entre 9% e 35%.

Tabela 1: Comparação das últimas medidas de eficiência veicular adotadas nos maiores mercados automobilísticos do mundo.

Região ¹	Repartição das vendas de veículos, 2013	Ano base ²	Período de implementação	Taxa de redução média das emissões de CO ₂
China	 25%	2011	2012-2015	 9%
União Europeia	 19%	2015	2020-2021	 27%
Estados Unidos	 17%	2017	2017-2025	 35%
Japão	 6%	2015	2020	 16%
Brasil	 4%	2013	2013-2017	 12%
Índia	 4%	2012	2017-2021	 17%
Rússia	 3%			0%
Canadá	 2%	2011	2011-2016	 20%
Coreia do Sul	 2%	2011	2012-2015	 9%
Austrália	 1%			0%
México	 1%	2012	2014-2016	 13%
			Adotado entre Janeiro de 2013 e Agosto de 2014	
			Adotado antes de Janeiro de 2013	

¹ Inclui onze dos maiores mercados automobilísticos

² A percentagem de redução do consumo é estimado em função de um ano base

Fonte: ICCT (2014).

Neste quadro, a Tabela 1 confirma a liderança dos EUA e da União Europeia na mitigação das emissões de gases de efeito de estufa para os veículos leves, tendo as duas maiores taxas de redução das emissões de CO₂ para os veículos leves (respetivamente 35% e

²⁸ SMITH (2010) anota que algumas tecnologias inovadoras já foram implementadas nos veículos de combustão interna para reduzir o consumo de combustível. Por exemplo, o downsizing permite reduzir o tamanho da capacidade do motor sem afetar expressivamente o desempenho (potência e torque). Assim, dependendo do downsizing aplicado ao motor, as economias de combustível são estimadas entre 3% e 7,5%. Por outro lado, SMITH (2010) evoca a instauração do sistema de injeção direta em meados dos anos 1990, que tem por princípio a injeção do combustível em alta pressão diretamente na câmara de combustão. Esta tecnologia permite um ganho de combustível compreendido entre 10% e 15%.

27% de redução até o início da década de 2020). Anota-se também a crescente participação dos BRICS neste quadro. Assim a China, a Índia e o Brasil implementaram objetivos ambiciosos para reduzir as emissões dos seus veículos leves de respectivamente 9%, 17% e 12%.

Contudo, a mitigação das emissões de efeito de estufa não será apenas dependente das inovações incrementais nos veículos de combustão interna, mas sim precisará da difusão em larga escala de alternativas tecnológicas mais sustentáveis. Dessa forma, a IEA (2012) argumenta que para limitar o aquecimento global a 2°C, será necessário incentivar o desenvolvimento de veículos com motor de combustão interna mais eficientes, desenvolver veículos de baixa emissão como os veículos elétricos e multiplicar as alternativas à mobilidade particular, como o *car-sharing* ou *car pooling*.

3.2 A GRANDE ESTABILIDADE DO REGIME AUTOMOBILÍSTICO

Embora a questão ambiental seja uma prioridade internacional, pressionando o atual regime automobilístico, cabe lembrar que a indústria automobilística tradicional tem um papel econômico estratégico. Assim, WELLS *et al* (2012) afirmam que se a indústria automobilística fosse um país, ela seria a sexta maior economia do planeta com um volume de negócios de USD 2 trilhões, gerando 9 milhões de empregos diretos e 50 milhões de empregos indiretos²⁹. Essa indústria por si só permite que os governos arrecadem cerca de USD 400 bilhões por ano. Com esses dados, entende-se a importância da indústria automobilística no panorama político e a necessidade de preservar ao máximo esta fonte primária de empregos. Neste contexto, a transição do regime automobilístico para um transporte menos poluente enfrenta uma grande inercia tecnológica, econômica, regulatória e sociocultural.

3.2.1 O motor de combustão interna focaliza o interesse industrial e econômico

²⁹ Os dados mencionados se referem ao ano de 2005.

Conforme apontado no primeiro capítulo, uma vez o paradigma tecnológico estabelecido, acabam-se as inovações de produto e iniciam-se as inovações de processo, com o objetivo de aprimorar o desempenho da empresa no mercado. Ao nível de uma empresa, os agentes se focam especificamente sobre a tecnologia dominante e se tornam cegos em relação às alternativas tecnológicas. Segundo DOSI (1982), isso pode até resultar no aprisionamento ao nível da empresa, que se tranca no investimento de uma única tecnologia dominante no mercado. A maturidade tecnológica de uma indústria traz então uma rigidez dos agentes em relação às inovações radicais.

Este arcabouço analítico pode ser aplicado ao caso do motor de combustão interna na indústria automobilística. O interesse da indústria automobilística fica centralizado no desenvolvimento incremental do motor de combustão interna. Por exemplo, segundo ORSATO *et al.* (2012), o número de patentes e de novos produtos lançados no período de 1990 até 2005 mostra claramente que as montadoras europeias se focaram na melhoria do motor de combustão interna, como é o caso do desenvolvimento do sistema de injeção direta. Os autores destacam que na média cerca de 80% das patentes concedidas no período estiveram relacionadas com os motores de combustão interna, contra apenas 20% para as tecnologias ligadas ao desenvolvimentos de veículos elétricos puros ou veículos elétricos híbridos. Parece claro que o foco central dos agentes da indústria automobilística é o de favorecer e reforçar o paradigma tecnológico, através de inovações incrementais.

Os investimentos no setor automobilístico confirmam essa constatação tecnológica e são direcionados para sustentar o veículo de combustão interna. Para ilustrar este argumento, o trabalho de WIESENTHAL *et al* (2011) mostra que, em 2008, as montadoras e os países da União Europeia investiram € 33,3 bilhões em P&D na indústria automobilística. Porém, apenas um quarto deste valor foi dedicado às pesquisas sobre as reduções de emissões de gases de efeito de estufa, o restante sendo investido em segurança, conforto, etc...³⁰ Mais interessante, sobre os € 8,7 bilhões investidos na redução de gases de efeito de estufa, a maior parte dos investimentos (70%) se concentrou na otimização dos motores de combustão interna. Portanto, a maior parte dos recursos em P&D está voltada ao veículo de combustão

³⁰ Dos € 33,3 bilhões investidos em P&D, € 21,4 bilhões se concentraram nos temas relacionados à fabricação dos veículos: segurança, conforto, etc... Por outro lado, € 8,7 bilhões se destinaram à redução das emissões de gases de efeito de estufa. Os € 3,2 bilhões restantes foram direcionados para temas anexos, possivelmente relacionados com a redução de emissão de gases de efeito de estufa.

interna e apenas uma percentagem marginária está dedicada às alternativas tecnológicas, como o veículo elétrico.

O final da década de 2000 foi marcado por uma das maiores crises enfrentadas pela indústria automobilística, deixando o setor vulnerável à emergência de alternativas tecnológicas. Contudo, constata-se que o setor público não aproveitou da crise financeira de 2008-2009 como instrumento para incentivar a difusão dos veículos elétricos, mas ao contrário apoiou financeiramente e politicamente a indústria automobilística tradicional. Segundo WELLS *et al* (2012), várias montadoras sofreram problemas financeiros e precisaram do apoio do setor público para superarem os impactos da crise. Assim, na primeira metade de 2009 o Banco de Investimento da União Europeia emprestou € 7 bilhões às montadoras. Por sua vez, o governo norte-americano teve que investir diretamente nos ativos da General Motors (GM) para resgatar a montadora americana no final de 2008.

Sendo assim, as alternativas tecnológicas ao veículo de combustão interna ainda estão pouco incentivadas e se encontram por enquanto na fase fluida do ciclo de vida tecnológico³¹, apresentando custos elevados e altos riscos iniciais que podem desestimular o interesse de potenciais investidores. Desta forma, as tecnologias inovadoras da indústria automobilística ficam atualmente caras e inacessíveis (WIESENTHAL *et al*, 2011). Os maiores agentes da indústria automobilística privilegiam ainda o *status-quo*, preferindo investir em mudanças tecnológicas incrementais que fixam a estabilidade da indústria automobilística (GEELS, 2012).

Cabe destacar que até o fim do século XX a indústria automobilística elétrica não apresentou nenhum avanço tecnológico notável, particularmente em relação às baterias. ORSATO *et al* (2012) apontam que até a década de 1990 os veículos elétricos eram ainda equipados com baterias de chumbo-ácido, a mesma tecnologia utilizada no século XIX. Tendo uma quantidade de energia estocável por quilograma muito baixa, a bateria de chumbo-ácido faz com que o veículo elétrico tenha uma autonomia restrita. Além disso, a bateria de chumbo-ácido possui uma vida útil baixa. Este tipo de tecnologia prejudicou o veículo elétrico, diminuindo sua competitividade em relação ao veículo de combustão interna.

Já no final da década de 1990, o foco do setor de P&D voltou para outras tecnologias de baterias, como o hidreto metálico de níquel ou os íons de lítio, mais caras, mas também mais

³¹ Este conceito foi definido no item 1.1 deste trabalho.

competitivas em termo de vida útil e em relação à autonomia do veículo. As novas tecnologias de baterias utilizadas nos veículos elétricos são caras³², por não se beneficiarem ainda de economia de escala, e fazem com que atualmente o custo de aquisição desses modelos fique ainda superior ao custo de aquisição de um veículo de combustão interna. Assim, PEREZ *et al* (2013) afirmam que a bateria é o componente que eleva o custo do veículo elétrico, representando cerca de um terço do preço final do veículo³³. Por exemplo, o preço da bateria da Ford Focus Electric está estimado entre USD 12 mil e USD 15 mil, o que representa mais da metade do preço final da Focus convencional equivalente, que por sua vez custa cerca de USD 22 mil (IEA, 2013).

Na perspectiva do consumidor, o custo atual do veículo elétrico é consideravelmente superior ao custo de um veículo de combustão interna, e apenas o equivalerá em 2020, se ocorrer uma redução drástica dos preços das baterias (PEREZ *et al*, 2013)³⁴. Portanto, os consumidores ainda preferem investir nos veículos de combustão interna, especificamente nos mercados emergentes, que apresentam um forte aumento de vendas de veículos particulares. Nesses mercados, há uma preferência pelos veículos com motor de combustão interna, sendo mais baratos em comparação com os veículos híbridos e os elétricos puros (DIJK *et al*, 2013).

3.2.2 Os consumidores ainda tem uma percepção negativa do veículo elétrico

O contexto sociocultural onde se inserem os consumidores influi sobre o comportamento na hora da compra de um carro e faz também parte da problemática do aprisionamento da indústria automobilística. Na verdade, os cidadãos são os agentes mais sensibilizados às questões ambientais, mas as prioridades do cidadão como consumidor divergem fortemente dessas preocupações. Para ilustrar este argumento, se apresenta um resumo das preferências dos consumidores na hora de comprar um veículo (KING, 2007):

³² ROLAND BERGER (2013) estima que ambas as baterias de íons de lítio e as baterias de hidreto metálico de níquel têm atualmente um custo em torno de 400-500 USD/kWh, enquanto as antigas baterias de chumbo-ácido possuem um custo de 200-220 USD/kWh.

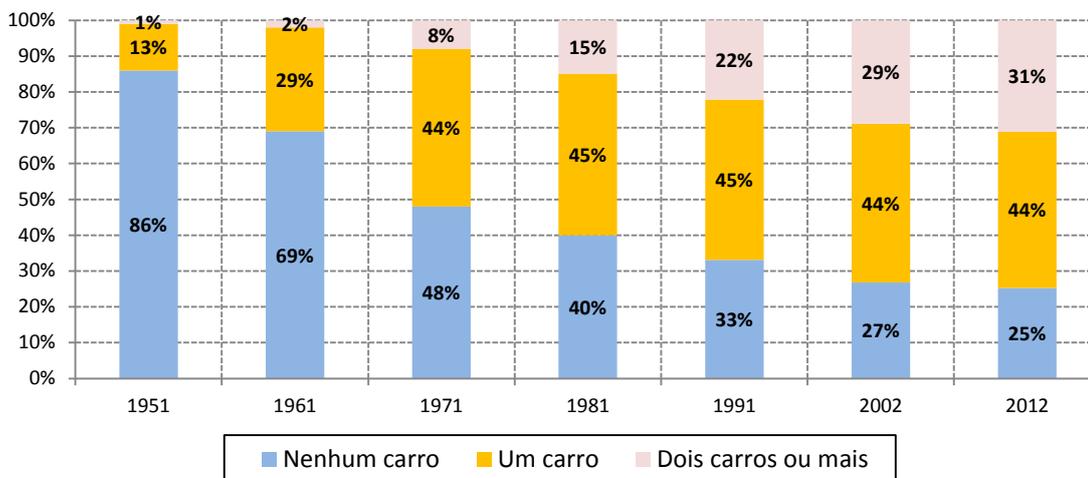
³³ Para ilustrar esta ideia, a Nissan LEAF possui uma bateria de 24 kWh que custa cerca de USD 12 mil, equivalendo a um terço do preço final do carro (IEA, 2013b).

³⁴ Atualmente, ROLAND BERGER (2013) ressalta que o preço das baterias de íons de lítio está em torno de 400-500 USD/kWh e prevê uma redução para uma faixa de 250-300 USD/kWh em 2020, o que representa uma redução de cerca de 40%.

- i. Fatores de maior importância:** o preço do veículo, o tamanho, a segurança, o conforto, os custos da manutenção, o nível de consumo de combustível e a aparência;
- ii. Fatores de importância média:** o desempenho do veículo, a potência, a marca, os custos do seguro, o tamanho do motor e os equipamentos integrados;
- iii. Fatores de menor importância:** a depreciação do veículo e as preocupações ambientais.

Aparece claramente que as preocupações econômicas, estéticas e o conforto são prioritários para o consumidor, ao contrário das problemáticas ambientais. Sendo assim, os consumidores estão acostumados a uma certa ideia da mobilidade urbana e suburbana, onde a posse de um veículo particular é símbolo de status social além de representar uma autonomia e uma privacidade bem maior que o transporte público (GEELS, 2012).

Nos países desenvolvidos, o comportamento dos consumidores evoluiu ao longo do tempo. A tendência atual é de comprar mais de um carro por família, como é ilustrado na Figura 3 (REINO-UNIDO, 2013). Por outro lado, os países emergentes que apresentam um forte crescimento econômico, especificamente os BRICS, estão rapidamente adotando os modos de consumo “ocidentais”, incluindo a posse de carro particular (FREUND e MARTIN, 1999; DIJK *et al*, 2013). O caso brasileiro ilustra perfeitamente este argumento, pois o licenciamento de veículos leves no país seguiu uma taxa de crescimento média de 8% por ano entre 2000 e 2013, passando de 1,4 milhões de veículos leves licenciados em 2000 para 3,6 milhões em 2013 (ANFAVEA, 2014). Concretamente, isso se traduz pelo aumento do número de veículos com motor de combustão interna, favorecendo a estabilização do aprisionamento tecnológico pelo lado da demanda.

Figura 3: Número de carros por família no Reino-Unido: 1951-2012.

FONTE: REINO-UNIDO (2013).

Na teoria, o crescimento constante do transporte particular³⁵ poderia beneficiar a difusão tecnológica, ou seja, poderia iniciar a massificação do licenciamento de veículos elétricos na frota mundial. Porém, os consumidores ainda tem uma visão negativa dos veículos elétricos em comparação com os veículos de combustão interna, sendo que as prioridades dos consumidores (preço, performance e autonomia) pesam a favor do veículo tradicional. De acordo com EGBUE e LONG (2012), as principais preocupações dos consumidores em relação aos veículos elétricos são (1) a autonomia do veículo, (2) o custo³⁵ e (3) a infraestrutura de recarga.

A autonomia reduzida dos veículos elétricos é um ponto central das críticas dos consumidores. De maneira geral, a autonomia de um veículo convencional é função não apenas do seu consumo energético por quilometro percorrido (gasolina, diesel ou ainda etanol), como também da sua capacidade de armazenamento em combustível do seu tanque. Da mesma forma, a autonomia de um veículo elétrico se mede pelo consumo energético por quilometro percorrido e pela sua capacidade de armazenamento na bateria.

Na literatura, é comum avaliar que o armazenamento energético de uma bateria de veículos elétrico é cerca de 100 vezes inferior ao armazenamento energético da gasolina³⁶.

³⁵ Segundo IEA (2013a), a frota mundial de veículos leves quase dobrará entre 2012 e 2035, passando de cerca de 900 milhões de veículos para mais de 1,7 bilhões. Este crescimento se explica por grande parte pelo forte crescimento da venda de veículos leves nos países não OCDE.

³⁶ Segundo os dados da PETROBRAS (2014), o poder calorífico da gasolina é de 8325 Kcal/l, equivalendo à 9,68 kWh/l. Por outro lado, as baterias de veículos elétricos possuem uma energia específica mássica dentro de uma faixa de 30 até 160 Wh/kg, dependendo da tecnologia utilizada (BORBA, 2012). Assim, o armazenamento

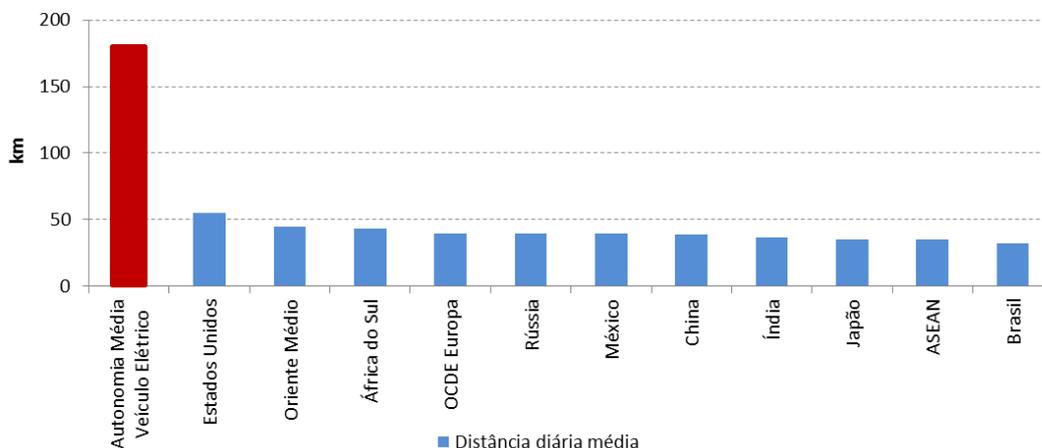
Dessa forma, um veículo elétrico puro com uma bateria média de 22 kWh até 24 kWh possui uma autonomia média compreendida entre 125 e 150 km³⁷. Por exemplo, o veículo elétrico puro Nissan LEAF possui uma autonomia cerca de 120 km. Por sua vez, o veículo híbrido com extensor de autonomia possui um modo elétrico puro com uma autonomia compreendida entre 56 e 160 km, levando a uma autonomia geral de 500 km quando se considera também o uso de combustíveis líquidos (BARAN, 2012). Isto é o caso do modelo híbrido *plug-in VOLT* da Chevrolet, que tem uma autonomia de 56 km no modo elétrico (BARAN, 2012). Em comparação, os veículos de combustão interna possuem, no mínimo, cerca de 500 km de autonomia (IEA, 2011).

Portanto, um veículo elétrico tem uma autonomia muito restrita em comparação com um veículo de combustão interna. Esta característica técnica representa uma das maiores barreiras da difusão do veículo elétrico, especialmente perante à constatação que a autonomia do veículo é o fator de maior importância para 75% dos consumidores (ORSATO *et al*, 2012). Contudo, a baixa autonomia dos veículos elétricos é muito mais um problema de percepção por parte dos consumidores do que um problema real. Para ilustra-lo, a Figura 4 apresenta a distância média diária percorrida por um veículo leve em uma seleção de países, incluindo o Brasil. Neste gráfico, constata-se que em nenhum país esta distância ultrapassa a autonomia média dos veículos elétricos puros (IEA, 2012).

energético da gasolina por litro de combustível é entre 60 e 320 vezes maior que o armazenamento energético por quilograma de uma bateria.

³⁷ O uso de baterias com maior capacidade permitiria que os veículos elétricos puros tivessem autônias próximas aos veículos de combustão interna. Por exemplo, o modelo S da Tesla com uma bateria de 85 kWh possui uma autonomia de 480 km. A grande questão é o custo incremental resultante da opção por tecnologias com maior capacidade.

Figura 4: Autonomia de um carro elétrico x distância diária média percorrida por um veículo leve.



Fonte: IEA (2012).

Mesmo assim, os consumidores ainda não estão conscientes dessa realidade e esperam a instalação de pontos de recarga para investir no veículo elétrico. Neste contexto, o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga que seja adaptada às necessidades energéticas dos consumidores e suficientemente ampla para reduzir as percepções negativas se torna necessário. Como apontado por ZIJLSTRA e AVELINO (2012), os veículos estão estacionados cerca de 90% do tempo, o que é potencialmente suficiente para recarregar as baterias.

3.2.3 As barreiras institucionais e regulatórias ao desdobramento da eletrificação veicular

Atualmente, os veículos elétricos ainda enfrentam várias restrições na standardização dos equipamentos de recarga, na localização dos eletropostos públicos e privados, ou ainda na definição dos agentes envolvidos nos futuros modelos de negócios ligados à mobilidade elétrica (IEA, 2013b; STEINHILBER *et al*, 2013; SAN ROMÁN *et al*, 2011). Por exemplo, atualmente uma norma europeia e uma americana estão competindo para padronizar as futuras normas internacionais de recarga³⁸, além da norma japonesa de recarga rápida CHAdeMO. Isso representa mais um desafio a ser superado pelo veículo elétrico, pois limita a

³⁸ Por um lado, existe a norma europeia IEC 62196 definida pela *International Electrotechnical Commission* e por outro lado tem a norma americana SAE J1772 definida pela *Society of Automotive Engineers*.

interoperabilidade dos equipamentos entre eles e desestimula os investidores (WIEDERER e PHILIP, 2010).

Por outro lado, a elaboração de infraestruturas de recarga de veículos elétricos não se resume meramente na instalação de tomadas em determinados locais, mas requer a instauração de um quadro regulatório para organizar este futuro mercado (SAN ROMÁN *et al*, 2011; EURELECTRIC, 2013). Para contextualizar essa questão é preciso enfatizar que, ao contrário dos veículos de combustão interna, a recarga dos veículos elétricos não se faz apenas em postos de abastecimento. De acordo com NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2013), essa recarga pode ser realizada na residência (se o proprietário tiver um estacionamento particular), no estacionamento do trabalho, ou ainda em estacionamentos públicos ou semi públicos (estacionamento de shopping, lojas comerciais, aeroportos, etc...) ³⁹.

Neste contexto, a recarga de veículo elétrico representa um desafio importante e complexo, lembrando que a mesma se encaixa dentro do quadro regulatório aplicado no setor elétrico. Portanto, o negócio da recarga pode se tornar uma atividade regulada, como é o caso da transmissão e da distribuição de energia elétrica em alguns mercados, subvencionada por todos os consumidores da área de concessão ou, ao contrário, ser considerado uma atividade independente desenvolvendo sua própria rede de pontos de recarga (SAN ROMÁN *et al*, 2011). Dessa forma, se torna necessário elaborar um quadro regulatório para definir os futuros agentes da recarga de veículos elétricos, fixar o preço deste serviço e organizar as interações comerciais entre os atores, vislumbrando que não se trata apenas do abastecimento de um veículo (KEMPTON e TOMIC, 2005). No futuro, com a instalação de redes inteligentes (ou *smart grid*), as interações com o veículo elétrico se diversificarão, pois o mesmo poderá se tornar um *buffer* de energia, capaz de fornecer energia ao sistema elétrico, transformando o consumidor em um agente ativo do setor elétrico.

3.3 DESESTABILIZAÇÃO DO REGIME E EMERGÊNCIA DA MOBILIDADE ELÉTRICA

³⁹ Segundo NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2013), a residência constitui o lugar principal das recargas de carros elétricos. Em seguida, o estacionamento do trabalho pode ser aproveitado para efetuar as recargas, mais especificamente para os consumidores que não possuem de estacionamento na sua residência. Finalmente, os estacionamentos públicos ou semi públicos (comércios, shopping, postos de abastecimento) podem representar áreas complementares de recarga.

Os últimos parágrafos resumiram os principais parâmetros tecnológicos, econômicos e sociais participando do trancamento atual da indústria automobilística no veículo de combustão interna. Embora esta indústria esteja aprisionada há mais de um século na mesma tecnologia, a evolução do panorama sócio técnico nos últimos anos pressionou os agentes do regime e favoreceu a emergência de alternativas tecnológicas, em particular o veículo elétrico. Dessa forma, o interesse para os veículos elétricos foi retomado desde o início do século XXI e está sendo incentivado pelo setor público, que investe diretamente em P&D, bônus fiscais e infraestruturas de recarga para iniciar esta indústria. Em paralelo, as montadoras iniciaram o processo de difusão tecnológica do veículo elétrico no início do século pela comercialização em larga escala de modelos híbridos. Neste contexto, os sinais positivos a favor do veículo elétrico emergindo dos nichos se multiplicam e tendem a desestabilizar o domínio do veículo de combustão interna na década de 2020.

3.3.1 Incentivos públicos à compra de veículos elétricos

Segundo o IEA (2013b), as metas cumuladas dos países da EVI⁴⁰ chegam a um objetivo de vender 6 milhões de veículos elétricos (híbridos *plug-in* e elétricos puros) em 2020, correspondendo a um número de 20 milhões de veículos elétricos circulando nas cidades do mundo. Este objetivo, embora seja ambicioso, deverá ainda ser reforçado nos próximos anos para contribuir da limitação do aquecimento global a 2°C. Cabe mencionar que para mitigar as emissões de gases de efeito de estufa no longo prazo, será necessário aumentar anualmente de 80% as vendas de veículos elétricos (híbridos *plug-in* e elétricos puros). Uma etapa importante será conseguir chegar a um estoque de 80 milhões de veículos elétricos (híbridos *plug-in* e elétricos puros) em 2025⁴¹.

Embora o estoque mundial de veículos elétricos atingiu um patamar de 350 mil unidades no final de 2013, cerca de 10 vezes ao estoque verificado no final de 2011, constatase que o mercado da eletrificação veicular se concentra apenas em dois países. Assim, os EUA e o Japão são os líderes no mercado da eletrificação veicular, representando respectivamente 70% e 12% das vendas de veículos híbridos *plug-in* no mundo em 2012, além

⁴⁰ Este termo foi definido no item 3.2.3 e designa a *Electric Vehicle Initiative*, que reagrupa os maiores mercados automobilísticos do mundo.

⁴¹ Em 2013, o estoque mundial de veículos elétricos puros era de apenas 350 mil veículos.

de contar por mais da metade (respetivamente 26% e 28%) das vendas de veículos elétricos puros (IEA, 2013b).

Esses dados sustentam a ideia que o mercado de veículos elétricos já se tornou uma realidade desde a segunda metade da década de 2000, mas que ainda representa um nicho em comparação ao mercado automobilístico tradicional. Portanto, há necessidade de reforçar os incentivos para favorecer a disseminação desses veículos e atingir uma quota de mercado superior a 50% em 2050⁴² (IEA, 2012).

Neste contexto, diversos países, entre os quais se destacam os EUA, o Japão, a China e os países da União Europeia, começaram a incentivar a compra de veículos elétricos nos últimos anos através de incentivos do lado da demanda (bônus na compra de um veículo, redução de impostos)⁴³, quanto do lado da oferta (financiamento de programas de P&D, instalação de infraestruturas de recargas de veículos elétricos)⁴⁴. Conforme assinalado pelo Gráfico 2, os países da EVI investiram cerca de USD 12,8 bilhões entre 2008 e 2012 para incentivar o mercado automobilístico elétrico. Esses investimentos se dividiram entre USD 8,5 bilhões para o setor de P, D&D⁴⁵, USD 3,5 bilhões para os incentivos fiscais e USD 0,8 bilhões para o desenvolvimento das infraestruturas de recarga (IEA, 2013b).

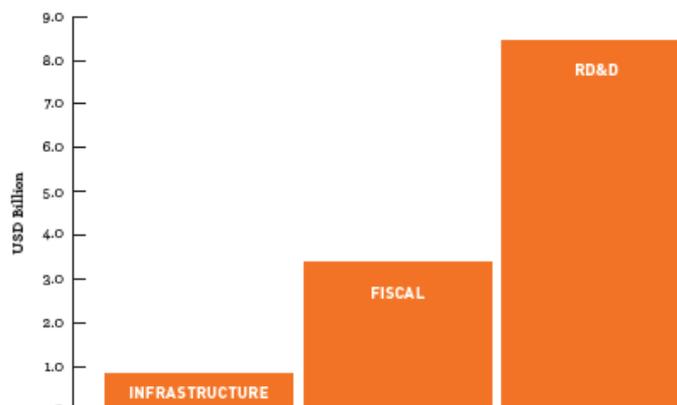
⁴² De acordo com IEA (2012), os veículos híbridos *plug-in* deverão representar 34% das vendas em 2050, enquanto os veículos elétricos puros deverão ter uma quota de mercado de 22%.

⁴³ Entre outros, anotam-se os bônus na compra de um veículo elétrico oferecidos pelos governos chinês (RMB 60 mil), francês (até € 6,3 mil), indiano (20% do custo do veículo), japonês (o governo subsidia a metade da diferença de preço entre o veículo elétrico e o veículo de combustão interna equivalente), espanhol (até € 6 mil) e norte-americano (até USD 7,5 mil), de acordo com IEA (2013b).

⁴⁴ Entre outros, os governos do Dinamarca, da Finlândia, da França, da Alemanha, da Índia, do Japão, da Holanda, da Espanha, da Suécia, do Reino-Unido e dos EUA investem na instalação de infraestruturas de recarga de veículos elétricos (IEA, 2013b). A China, os EUA e a França são atualmente os três países que mais investem em P&D focada no desenvolvimento dos veículos elétricos (IEA, 2013b).

⁴⁵ O termo de P,D&D designa pesquisa, desenvolvimento e projeto de demonstração.

Gráfico 2: Soma dos investimentos publicados dedicados aos veículos elétricos dos países da EVI em infraestrutura de recarga, incentivos fiscais e P,D&D: 2008-2012.



Fonte: IEA (2013b).

As subvenções públicas em P,D&D reagrupam os financiamentos em P&D e os programas de demonstração de veículos elétricos. Por exemplo, dentro do programa *American Reinvestment and Recovery Act* adotado em 2009 pelo governo norte-americano, USD 16,8 bilhões se destinaram ao departamento de eficiência energética e energias renováveis (EERE), sendo USD 2 bilhões especificamente destinados à indústria de baterias de veículos elétricos (DIJK *et al.*, 2013). Outros países como a Alemanha e o Japão seguiram a iniciativa americana e financiaram o setor de P,D&D no seu país para estimular a indústria automobilística elétrica. Dessa forma, os investimentos em P&D para os veículos elétricos passaram de um patamar de USD 1 bilhão em 2008 para mais de USD 2,5 bilhões em 2012⁴⁶ (IEA, 2013b).

Em paralelo, os incentivos fiscais ganharam destaque em vários países a fim de incentivar a compra de veículos elétricos e assim criar um mercado para os veículos elétricos. Entre outros, o Japão faz figura de exemplo, pois para facilitar a compra de um veículo elétrico o governo japonês propõe subsidiar a metade da diferença de preço entre o veículo elétrico desejado e o veículo de combustão interna equivalente, com um teto de ¥ 1 milhão (equivalendo a cerca de USD 10 mil) (IEA, 2013b). Por sua vez, os EUA implementaram um crédito fiscal de até USD 7,5 mil para os veículos elétricos. Cabe sinalizar que esse incentivo fiscal é apenas valido para os primeiros 200 mil veículos comprados no país. Nestes termos, os países da EVI multiplicam as iniciativas e os incentivos públicos para valorizar o potencial do mercado da eletrificação veicular.

⁴⁶ Entre os maiores investidores em P&D, destacam-se a China, os países da União Europeia, os Estados Unidos, a Índia e o Japão.

3.3.2 Os veículos elétricos híbridos portadores da eletrificação veicular no início do século XXI

A virada do século XXI é marcada pela retomada da eletrificação veicular através da difusão dos primeiros veículos elétricos híbridos no mercado. Assim, em 1997, o lançamento no Japão da Toyota PRIUS pode ser visto como o principal marco positivo do final dos anos 1990 para a mobilidade elétrica. Segundo MIDLER e BEAUME (2010), esse sucesso foi o resultado de uma nova maneira de direcionar os projetos, pois Toyota modificou completamente suas regras tecnológicas e sua abordagem do mercado para criar seus modelos elétricos híbridos, ao contrário da mera adaptação dos modelos convencionais experimentada por exemplo pelas montadoras francesas (que se revelou um grande fracasso comercial).

Após ter encontrado um retorno positivo no mercado japonês, a Toyota PRIUS II foi lançada em 2000 nos EUA e conseguiu se destacar também no mercado norte-americano. Naquele ano, se venderam cerca de 5.500 modelos de Toyota PRIUS nos EUA. As vendas não pararam de crescer e foram multiplicadas por 25 entre 2000 e 2011 (BARAN, 2012). Isso estimulou a montadora japonesa que decidiu lançar a Toyota PRIUS III no mundo inteiro em 2004. Esse carro demonstrou a viabilidade da tecnologia híbrida e se tornou o portador da eletrificação veicular. Entre 1997 e 2007, a Toyota vendeu mais de um milhão do modelo PRIUS no mundo (DIJK *et al*, 2013). Outros fabricantes de automóveis como Honda e Ford iniciaram projetos similares para competir com Toyota a partir de 2005, criando uma forte dinâmica tecnológica para os modelos elétricos híbridos.

4 – MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA

As alternativas tecnológicas sustentáveis para o veículo de combustão interna ainda não conseguiram atrair o mercado, pois o benefício potencial da redução em emissões de gases de efeito de estufa ainda não representa por si só um argumento suficiente para convencer o consumidor (BOHNSACK *et al*, 2014). Retomando a visão teórica desenvolvida no primeiro capítulo, na ótica da MLP os agentes da indústria automobilística elétrica precisam se alinhar e estabelecer uma configuração estável (técnica, econômica e regulatória) para que o veículo elétrico possa competir com o veículo de combustão interna e superar as barreiras de entrada do mercado. Sendo assim, este quarto capítulo argumenta que, do ponto de vista da empresa, o desafio reside no desenvolvimento de modelos de negócios inovadores focados nas características técnicas do veículo elétrico para tornar a eletrificação veicular um negócio atrativo. Isso aumentará a aceitação dos clientes para os veículos elétricos. Concomitantemente, o setor público tem um papel estratégico na elaboração de um quadro regulatório consistente, que incentive os investimentos e direcione os modelos de negócios a serem implementados. Para sustentar esta argumentação, serão analisados neste capítulo o caso da infraestrutura nacional de recarga de veículos elétricos em Portugal e o modelo *car sharing* da Autolib', implementado na cidade de Paris.

4.1 ABORDAGEM SISTÊMICA DOS MODELOS DE NEGÓCIOS

4.1.1 Conceitualização do modelo de negócios

Uma abordagem coerente dos modelos de negócios inovadores necessita primeiro da identificação e definição do que é um modelo de negócios. Portanto, pretende-se revisar e sistematizar a definição dos modelos de negócios, com base na literatura moderna.

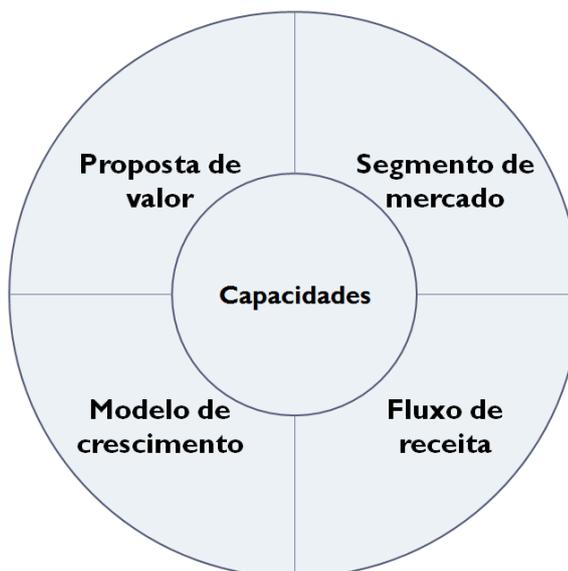
De acordo com AFUAH (2014), um modelo de negócios é um arcabouço criado com o objetivo de gerar uma renda, pela criação e captura de valor. Numa abordagem mais teórica, pode se dizer que:

Um modelo de negócios é o conjunto de atividades que uma empresa realiza, como ela realiza essas atividades, e quando ela utiliza seus recursos para realizar essas atividades, dada a sua indústria, para criar valor acrescentado ao cliente (produtos de baixo custo ou produtos diferenciados) e se colocando em posição de apropriação deste valor. (AFUAH, 2004).

Na sua essência, o modelo de negócios é uma arquitetura organizacional e financeira de um negócio (TEECE, 2010). Portanto, não é propriamente um modelo matemático nem uma equação financeira. A noção de modelo de negócios traduz um quadro conceitual, criando hipóteses sobre as expectativas dos consumidores, avaliando o comportamento das receitas e dos custos e até pressupondo o comportamento dos competidores. Assim, o modelo de negócios vai esboçar a linha estratégica do agente econômico para capturar o valor.

Assumindo e simplificando que o termo “inovação” consiste em fazer alguma coisa de um jeito diferente da norma estabelecida, o modelo de negócios inovador consiste portanto em um arcabouço com o objetivo de criar e capturar o valor de uma maneira diferente do padrão em vigor (AFUAH, 2014). Isto consiste muitas vezes na redefinição das regras do jogo. Portanto, uma empresa vencedora no mercado pelo seu modelo de negócios inovador pode ser aquela que foi a primeira a reformular as regras do jogo, ou a empresa que entrou logo em seguida e aplicou um melhor modelo de negócio.

De maneira abrangente, um modelo de negócios se constitui em cinco elementos, conforme resumido na Figura 5. Primeiro, na medida em que um modelo de negócios pretende gerar renda, essa renda vem dos consumidores. Portanto, para que os consumidores comprem o bem da empresa, a mesma deve propor alguma coisa que cumpra as expectativas dos consumidores, ou seja, a empresa precisa oferecer a “proposta de valor” adequada para o cliente (AFUAH, 2014). Uma vez que todas as dimensões das expectativas dos consumidores são entendidas e que foi encontrado o caminho para conseguir atendê-las, a empresa pode elaborar a sua oferta. De acordo com TEECE (2010), este elemento é o mais importante na elaboração de um modelo de negócios, sendo que os consumidores não apenas querem produtos, mas estão esperando soluções para atender suas necessidades.

Figura 5: Componentes do modelo de negócio

Fonte: AFUAH (2014).

Em seguida, a proposta de valor para o cliente funciona apenas se o público alvo é claramente identificado pela empresa. Para ser adequada ao mercado, a empresa deve identificar o “segmento de mercado” a atingir com sua proposta de valor, a fim de que o maior número de consumidores tenha o desejo de comprar aquilo que foi elaborado (AFUAH, 2014).

O “fluxo de receita” representa a receita que uma empresa obtém dos seus clientes. Isso pode equivaler a uma fórmula para definir como a empresa pode criar valor para si mesmo, enquanto ela está entregando um valor para o consumidor final (JOHNSON *et al*, 2008). Neste sentido se faz necessário estabelecer a estrutura dos custos, o lucro esperado e as expectativas de retorno sobre o investimento.

Fazendo parte da estratégia do modelo de negócio, merece ser examinado o papel do “modelo de crescimento” da empresa. Se a empresa consegue atrair os consumidores com uma proposta de valor adequada para um segmento de mercado determinado e um fluxo de receita adequado, os concorrentes vão tentar se aproveitar da situação e ganhar quotas de mercado (AFUAH, 2014). A empresa deve portanto estabelecer um planejamento para conseguir avançar no mercado e aumentar seu lucro.

Finalmente, os elementos previamente citados são apenas realizáveis se a empresa estiver suficientemente “capacitada”. Isso implica que a equipe da empresa deve ser

suficientemente preparada e competente, além de diversos ativos: as tecnologias, os produtos, as instalações e os canais de distribuição (JOHNSON *et al*, 2008).

4.1.2 O modelo de negócio tradicional da indústria automobilística

A produção em série dos automóveis a gasolina iniciada pelo Henry Ford em 1913 redefiniu o modelo de negócios da indústria automobilística, e precedeu novos avanços tecnológicos marcantes dessa indústria, conforme analisado na seção 2.1. Os fabricantes de veículos ganharam destaque e se tornaram os agentes dominantes dessa indústria. Atualmente, o processo de produção de um carro se resume pela produção dos elementos centrais do veículo (um chassi de aço e um motor de combustão interna) por parte do fabricante e pela montagem dos diversos componentes para finalizar o carro. Geralmente, fornecedores independentes (indústria de autopeças) são contratados para produzir os componentes menores. Neste sentido, esses fornecedores tem um peso econômico bem mais restrito que o próprio fabricante de veículo. Portanto, é possível afirmar que a estrutura de mercado estabelecida pressupõe uma forte dominação econômica dos fabricantes de veículos, cujos agentes formam o ponto de foco da cadeia de fornecedores (NIEUWENHUIS e WELLS, 2001).

O processo de produção de um veículo envolve tecnologias de produção específicas, portanto a fabricação de veículos em larga escala nas empresas de grande porte favorece a redução do custo unitário. Neste sentido, a indústria automobilística é intensiva em capital e fortemente concentrada, requerendo grandes investimentos para ambos o processo de produção e a elaboração de novos designs de veículos (WELLS, 2013)⁴⁷.

Por sua vez, a estratégia de venda e marketing compreende uma rede de vendedores independentes, cujo objetivo é expandir o mercado do fabricante através da redução dos preços dos veículos e da redução dos custos (WELLS, 2013). Essa estratégia de negócio foi a mais eficiente para atingir o segmento de mercado que precisava se locomover ao menor custo. Dessa maneira, o modelo de negócios prevalente ao longo do século XX foi o de tornar o veículo um bem à ser vendido ao melhor custo possível, com pouca preocupação sobre o

⁴⁷ De acordo com WELLS (2013), uma planta típica produzindo cerca de 350 mil veículos por ano, com 2 ou 3 modelos de veículos diferentes, requer um investimento de USD 2,5 bilhões, enquanto cada nova plataforma requerida para um novo modelo necessita de um investimento de USD 1 bilhão.

que pode acontecer após a efetiva venda. Da mesma forma, as considerações ambientais parecem ter pouco espaço neste modelo de negócios. Em síntese, WELLS (2013) argumenta que o foco deste modelo de negócios é o veículo e não os serviços de mobilidade.

Diante desta análise, KLEY *et al* (2011) destacam 3 modelos de negócios que podem ser aplicados à mobilidade, se posicionando como pontos de referências entre os modelos dedicados aos produtos e os dedicados ao serviço⁴⁸. Contudo, essa lista não é exaustiva, pois os autores explicam que existe uma grande variedade de modelos de negócios entre esses dois extremos, mixando de forma variável as proporções entre produto e serviço.

Na indústria automobilística, o modelo de negócios orientado para o produto é tradicional e se aplica atualmente na grande maioria dos casos para os veículos de combustão interna. KLEY *et al* (2011) reafirmam a ideia que o foco central deste modelo de negócios é o veículo, pois os serviços⁴⁹ são apenas percebidos como argumentos adicionais para convencer o consumidor na hora de comprar o produto e fortalecer a relação montadora-cliente. Na proposta de valor, as montadoras oferecem um veículo de combustão interna personalizado, seguindo os desejos e indicações do futuro cliente. Já o terceiro responsável da manutenção do veículo é escolhido de maneira independente pelo consumidor. Da mesma forma, a infraestrutura de recarga (tipicamente o posto de gasolina) é eleita independentemente do contrato assinado com a montadora. Este negócio é gerenciado por outros agentes, cuja operação é independente das montadoras. Por fim, o modelo de financiamento do veículo de combustão interna inclui apenas alguns serviços (como é o caso do seguro), mas não abrange um oferta integrada com recarga ou manutenção.

4.1.3 Os modelos de negócios focados no serviço para a mobilidade elétrica

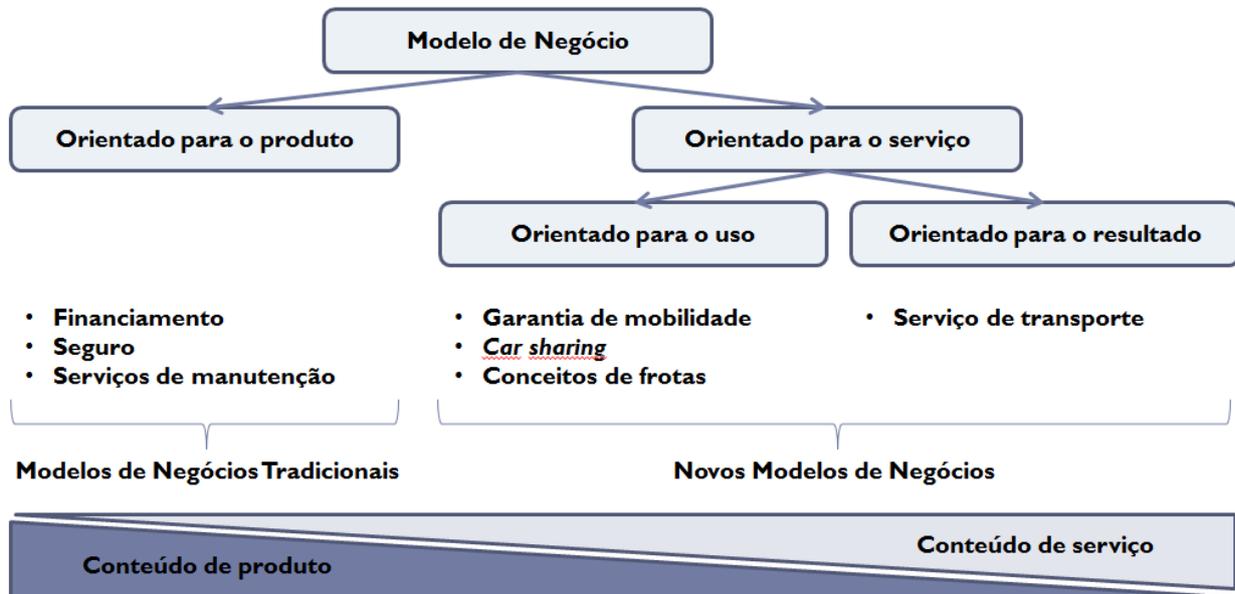
Em oposição ao modelo de negócios tradicional da mobilidade, existem outros modelos mais focados no serviço, conforme apresentado na Figura 6. De acordo com KLEY *et al* (2011), esses modelos de negócios podem ser adaptados para a eletrificação veicular. Assim,

⁴⁸ Um modelo baseado no produto resulta na mera compra de um veículo por parte do consumidor, enquanto um modelo baseado no serviço pode ser por exemplo o serviço de taxi (KLEY *et al*, 2011).

⁴⁹ Neste modelo orientado para o produto, os serviços típicos oferecidos podem ser um seguro para o carro, financiamento e manutenção do carro. Todos esses serviços adicionais são propostos pela montadora.

o produto não é mais o foco mais sim a garantia de entregar um serviço de mobilidade através deste produto.

Figura 6: Modelos de negócios no âmbito da mobilidade



Fonte: Adaptação de KLEY *et al* (2011)

Os modelos orientados para o serviço podem ser divididos em duas categorias. No caso dos modelos “orientados para o uso”, se garante um serviço a mais na hora de comprar o veículo (garantia de mobilidade por exemplo). Esta garantia pode abranger o fornecimento de energia para o veículo ou ainda outros serviços de mobilidade. No caso dos modelos “orientados para o resultado”, o foco é garantir que o consumidor possa se deslocar de um ponto A para um ponto B através do servidor de mobilidade. O cliente não possui mais seu próprio carro, mas contrata um serviço de mobilidade para se deslocar através de veículos à sua disposição. BOHNSACK *et al* (2014) apoiam essa linha argumentativa e afirma que os modelos de negócios para a mobilidade elétrica poderiam se focar mais em soluções de mobilidade, fazendo com que os modelos de negócios sejam menos focados no produto (a própria venda do veículo) e mais dedicados ao fornecimento de serviços de mobilidade.

O modelo de negócios orientado para o produto não pode ser aplicado para o veículo elétrico, na medida em que suas características técnicas tornam o modelo de negócios tradicional inviável (BOHNSACK *et al*, 2014). De fato, os futuros modelos de negócios para

a mobilidade elétrica precisarão levar em conta o financiamento da bateria⁵⁰ além da questão da recarga dos veículos⁵¹, e mais adiante considerar a bidireccionalidade das interações energéticas entre o veículo e a rede elétrica para tornar a mobilidade elétrica um negócio atrativo. Sem uma abordagem inovadora ao modelo de negócios, o veículo elétrico aparece apenas como uma alternativa mais cara e tendo uma autonomia menor que a do carro tradicional (EGBUE e LONG, 2012). Com a mera aplicação do modelo de negócios tradicional, o veículo elétrico não terá nenhuma chance de vencer no mercado. Será portanto imprescindível se focar mais no serviço de mobilidade para adicionar valor acrescentado ao cliente e tornar o veículo elétrico competitivo.

De acordo com KLEY *et al* (2011), essas novas abordagens de negócios, vislumbrando a redução dos custos e a ampliação da aceitação dos consumidores, tendem a seguir as seguintes direções:

- i. **Melhor utilização da capacidade do veículo:** Os novos conceitos inovadores em mobilidade, como o de *car-sharing* ou as frotas de veículos profissionais, usam uma ampla base de usuários a fim de diluir os custos de capital elevados entre um grande número de clientes. Os serviços de mobilidade elétrica poderiam também se massificar nos sistemas de transporte públicos; e
- ii. **Estender a utilização do veículo:** A fim de melhorar a eficiência econômica do veículo elétrico, novas aplicações podem surgir. Por exemplo, o armazenamento da energia nas baterias, com a ampliação simultânea das redes inteligentes, pode constituir um futuro serviço economicamente relevante. Por sua vez, a emergência do conceito de *vehicle-to-grid*, onde o carro se torna fornecedor de energia para o sistema elétrico, abre uma possibilidade concreta de interesse econômico para os consumidores (KEMPTON e TOMIC, 2005). No futuro, os veículos elétricos poderão ser considerados como fontes de reserva para o setor elétrico, gerando uma renda para a energia fornecida, baixando o custo total de compra do veículo (PEREZ *et al*, 2013);

⁵⁰ Conforme mencionado no terceiro capítulo, a bateria representa cerca de um terço do preço total do veículo elétrico e eleva consideravelmente seu preço, tornando o mesmo pouco competitivo em comparação ao veículo de combustão interna.

⁵¹ Conforme BARAN (2012), um veículo elétrico puro com uma bateria de 22-24 kWh possui uma autonomia entre 124 e 150 km, o que torna a questão da recarga essencial para viabilizar o desdobramento da eletrificação veicular.

- iii. **Segundo uso:** Outra possibilidade seria reutilizar os componentes que não podem ser mais aproveitados no veículo elétrico, como é o caso da bateria, a fim de aumentar o valor residual desses componentes;
- iv. **Aumento da aceitação:** Os obstáculos à disseminação do veículo elétrico são fortemente correlacionados às percepções negativas do consumidor sobre a autonomia. Neste contexto, a criação de um serviço baseado em uma infraestrutura de recarga orientada para o consumidor pode se revelar uma solução economicamente interessante para o cliente.

Os argumentos listados no precedente parágrafo mostram que há sim espaço para usufruir das vantagens técnicas do veículo elétrico e torná-lo atrativo no mercado. Porém, para resolver as diversas barreiras técnicas e econômicas enfrentadas pelo veículo elétrico o negócio da mobilidade elétrica se tornará mais complexo e fará evoluir as relações entre os diferentes agentes da indústria automobilística. Além das montadoras de veículos elétricos e dos fabricantes de baterias, novos agentes precisarão ser integrados, como as empresas de energia elétrica e os futuros provedores de serviço de mobilidade (KLEY *et al*, 2011).

Isso resulta por enquanto em uma certa indeterminação dos investidores a respeito dos modelos de negócios a serem perseguidos, pois os projetos desenvolvidos ainda estão em fase piloto e o papel dos diversos agentes ainda precisa ser esclarecido. Neste contexto, WEILLER e NEELY (2013) argumentam que a análise não pode se limitar ao estudo dos modelos de negócios, mas deve também abranger o ecossistema onde se insere a indústria do veículo elétrico. Em outros termos, é também preciso entender como esses modelos de negócios inovadores são elaborados dentro de um ambiente que ainda não é maduro.

4.1.4 A integração dos modelos de negócios ao longo da cadeia de valor

A primeira etapa da análise demonstrou que os modelos de negócios da mobilidade elétrica precisam incluir mais conteúdo de serviço a fim que os veículos elétricos se tornem competitivos no mercado. Em seguida, é preciso definir uma metodologia para listar esses modelos de negócios, pois se faz necessário tratar de maneira sistêmica a questão da mobilidade elétrica. Por exemplo, KLEY *et al* (2011) vislumbra três vetores de estudo:

- i. O veículo junto com a bateria;

- ii. A infraestrutura de recarga; e
- iii. Os serviços que integram o veículo dentro do sistema energético.

Dessa forma, pretende-se definir a cadeia de valor da indústria automobilística elétrica a fim de tratar os diferentes modelos de negócios de maneira sistêmica. Detalhando esta análise, os modelos de negócios potenciais para a mobilidade elétrica compreendem várias opções ao longo da cadeia de valor (ROLAND BERGER, 2013), cuja configuração não exaustiva se encontra na Figura 7. A partir disso, é possível afirmar que novos agentes surgirão na indústria automobilística elétrica, como por exemplo as empresas de energia ou futuros provedores de serviço de mobilidade. A mobilidade elétrica traz então uma série de possibilidades para esses futuros agentes implantarem modelos inovadores e criarem valor acrescentado para o consumidor final. Assim definida, a cadeia de valor sistematiza as diversas possibilidades de modelos de negócios que podem ser implantados na indústria automobilística elétrica.

Figura 7: Cadeia de valor da mobilidade elétrica



Fontes: Adaptação de WEILLER e NEELY, 2013.

Primeiro, a produção e a venda do veículo podem ser realizadas de maneira conjunta ou separadas da bateria. A bateria pode ser vendida ou arrendada pela própria montadora, já que o modelo tradicional para o veículo de combustão interna inclui a bateria nos produtos vendidos com o veículo. É também possível imaginar um modelo onde a venda do veículo seja dissociada da bateria, fornecida por algum parceiro preferencial (ROLAND BERGER,

2013). Este modelo possui a vantagem de tornar mais barato o valor do veículo e permite que o usuário escolha a capacidade da bateria.

A infraestrutura de recarga e a gestão de energia dos veículos elétricos podem ser carregadas pelas empresas de energia. Esses agentes hoje não atuam na indústria automobilística, mas no futuro poderão constituir a entidade articuladora entre o setor elétrico e a indústria automobilística elétrica. Da mesma forma, é preciso vislumbrar a venda de energia para a mobilidade elétrica e avaliar o modelo de mercado a ser implantado para possibilitar a recarga dos veículos. No futuro, se tornará necessário examinar a gestão das recargas inteligentes e o papel do veículo elétrico como fonte de energia na cidade, na medida em que o veículo terá a capacidade de fornecer energia para o sistema elétrico⁵².

Por outro lado, as informações sobre o consumo do veículo e a transmissão das informações entre o veículo e o operador de mobilidade constituem uma parte chave da cadeia de valor dessa indústria. De acordo com WEILLER (2012), a criação de modelos de negócios focados nos serviços tecnológicos para a mobilidade elétrica aumentará a eficiência do uso da eletricidade pela transmissão das informações entre a rede elétrica, as redes de telecomunicações, os veículos e os consumidores. Portanto, esses serviços serão estratégicos para criar valor acrescentado para o cliente da mobilidade elétrica.

Por fim, o serviço de valor adicional abrange os serviços de mobilidade que podem ser oferecidos ao cliente, e chegar até os serviços de *car-sharing*. Conforme WEILLER (2012), os serviços de mobilidade urbanos estão transformando os modelos de negócios do transporte particular por duas razões. Primeiro, os utilizadores não precisam mais possuir os carros para utilizá-los. Segundo, a estrutura do custo evoluiu no serviço de mobilidade, pois os consumidores assinam um contrato incluindo o seguro, a manutenção e a recarga. Assim, os modelos de negócios para os serviços de mobilidade são extremamente inovadores e se aproveitam das vantagens técnicas do veículo elétrico para criar valor acrescentado ao consumidor.

Cabe destacar que os diferentes estratos da cadeia de valor são independentes entre eles mas podem ser capturados de maneira integrada pelos modelos de negócios. Assim, um modelo de *car-sharing* pode não se limitar apenas ao serviço de mobilidade, mas incluir também vários serviços tecnológicos (transmissão de informação sobre a localização dos

⁵² Prevê-se a emergência de recargas inteligentes através da implementação das redes inteligentes no setor elétrico.

pontos de recarga, localização de lugares de interesse, etc...), uma infraestrutura de recarga (além da gestão da energia para o veículo) e pode até incluir o próprio veículo. Este modelo de serviço integrado será analisado com atenção na última seção deste capítulo.

Sintetizando, a emergência da indústria automobilística elétrica abre um espaço para novos modelos de negócios emergirem. Sendo uma indústria recente e em crescente estruturação, o modelo de negócios perfeitamente adequada ainda não foi implantado, mas diversos modelos estão sendo testados simultaneamente nas diferentes etapas da cadeia de valor, através de processos de aprendizagem, experimentação e adaptação (BOHNSACK *et al* 2014). Esta fase é fundamental para aumentar a atratividade da mobilidade elétrica, achar meios de viabilidade econômica para esta indústria e desmistificar os veículos elétricos.

As duas próximas seções deste capítulo focam a análise especificamente sobre as infraestruturas de recarga e os serviços de mobilidade, que fazem parte da cadeia de valor da mobilidade elétrica. O estudo procura avaliar em qual medida os modelos de negócios implantados podem iniciar a eletrificação veicular, usufruindo das características do veículo.

4.2 MODELOS DE MERCADO PARA AS INFRAESTRUTURAS PÚBLICAS DE RECARGA

O desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga de veículos elétricos constitui um novo paradigma no setor de transportes, na medida em que não se trata apenas da instalação de uma rede de abastecimento, mas de um sistema de integração inteligente de veículos, vislumbrando a promoção do serviço de mobilidade (HE *et al*, 2012).

Conforme ao que foi analisado no terceiro capítulo, a competitividade do veículo elétrico em relação ao veículo de combustão interna depende de 3 parâmetros essenciais: o preço, a autonomia e a infraestrutura de recarga. Assim, a seção 3.3.1 argumentou que os maiores mercados automobilísticos já tomaram medidas fiscais consequentes para favorecer a compra dos veículos elétricos, além de ampliar os investimentos em P&D focados nos modelos elétricos. Isso significa que os veículos elétricos estão tendo um *momentum* positivo na indústria automobilística e que a questão central para incentivar a inserção desses modelos no mercado passa a ser a existência de uma infraestrutura de recarga. PEREZ *et al* (2013) anotam que a instalação de infraestruturas de recarga já é consenso entre os agentes da

mobilidade elétrica. Contudo, os investimentos se limitam por enquanto na elaboração de projetos pilotos e são concentrados em apenas alguns mercados (IEA, 2013b). Dessa forma, a questão da infraestrutura de recarga de veículos elétricos precisa ser equacionada com prioridade, na medida em que os consumidores não vão comprar veículos elétricos sem uma estrutura de abastecimento suficientemente desenvolvida (ETEC, 2009).

Neste quadro, o papel do setor público é fundamental para estruturar, tanto do ponto de vista regulatório como econômico, as primeiras etapas da instalação das redes de recarga e iniciar um ciclo virtuoso de investimentos na área. Concomitantemente, o papel do setor público não se restringe a dar apoio financeiro, mas reside também na elaboração de um sistema regulatório sobre os diferentes agentes implicados no negócio da recarga de veículos elétricos.

Nota-se que o desenvolvimento desta infraestrutura de recarga pública está condicionada pelo marco regulatório vigente pois o mesmo delimita os modelos de mercados passíveis de serem implementados e, por consequência, interfere diretamente na atratividade financeira dos investimentos. Neste contexto, é necessário avaliar a melhor estrutura de mercado a ser implementada, levando em consideração o marco regulatório do país considerado (EURELECTRIC, 2013). Tal modelo de mercado busca definir e descrever de maneira geral o papel dos agentes no mercado, suas responsabilidades e as diferentes interações entre eles, levando em conta os elementos regulatórios em vigor.

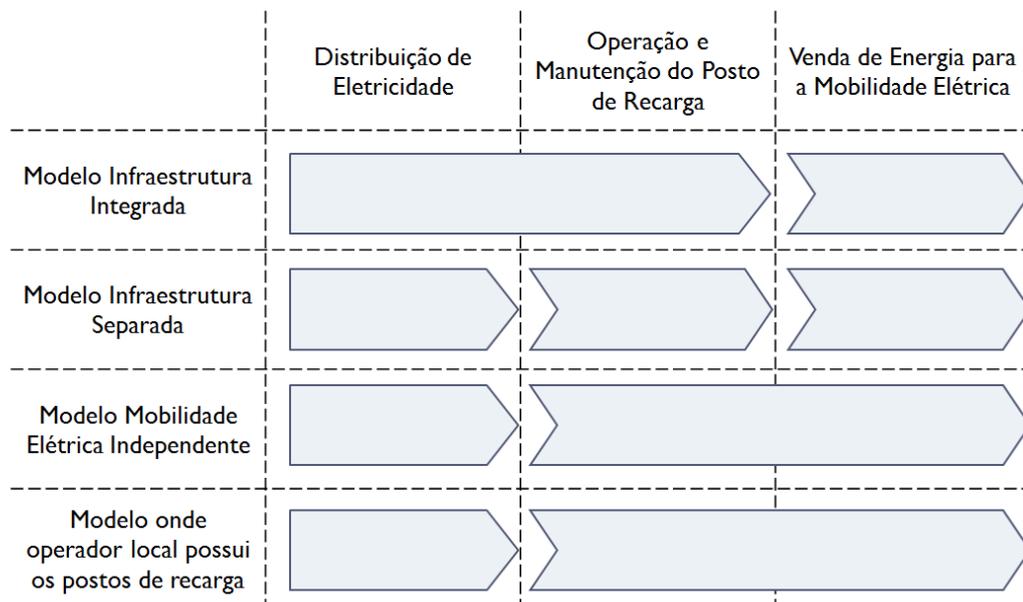
Cabe ressaltar que a elaboração de um modelo de mercado para a infraestrutura de recarga pública é uma condição sem a qual não pode ser elaborado qualquer modelo de negócios. Neste sentido, o modelo de mercado é necessário ao estabelecimento de um modelo de negócios. Este consistiu uma primeira etapa onde se implementa um pano de fundo sobre as regras do mercado, deixando vários graus de liberdade e permitindo inovação, integração e uma eventual remuneração para as iniciativas e as tomadas de risco (EURELECTRIC, 2010)⁵³. Por sua vez, o modelo de negócios define a estratégia do agente econômico para capturar o valor dentro de um modelo de mercado dado, respeitando os limites impostos.

⁵³ Diferentemente do modelo de negócios, o modelo de mercado não define os atores econômicos e nem estrutura um fluxo de receita.

4.2.1 Uma grande variedade de modelos de mercado

De maneira abrangente, podem se destacar 4 (quatro) modelos de mercado para as infraestruturas de recarga públicas, em função do marco regulatório em vigor no país considerado, conforme resumido na Figura 8 (EURELECTRIC, 2010). Os modelos identificados abrangem a parte da cadeia de valor para a mobilidade elétrica cobrindo a distribuição de eletricidade, os postos de recarga e a venda de energia para os veículos elétricos. A lista de modelos de mercado identificada aqui não é exaustiva, permitindo algumas variações desses modelos na prática, levando em consideração que os modelos propostos precisam ser adaptados às condições regulatórias em vigor. Assim, anota-se que os casos apresentados neste item são mais orientados para o mercado europeu, na medida em que os setores elétricos europeus apresentam um nível de liberalização maior que o brasileiro⁵⁴.

Figura 8: Modelos de mercados para as infraestruturas de recarga públicas



Fonte: Adaptação de EURELECTRIC (2010).

Conforme assinalado na Figura 8, o modelo “infraestrutura integrada” organiza o mercado para que a infraestrutura de recarga pública seja integrada nos ativos da distribuidora, considerando que a mesma seja responsável pela instalação e operação dos

⁵⁴ Na Europa, o consumidor residencial tem a possibilidade de escolher seu fornecedor de eletricidade, enquanto no Brasil o fornecedor de eletricidade é a própria distribuidora.

equipamentos de recarga, assegurando um livre acesso aos consumidores finais. A venda de energia para os veículos elétricos é livre⁵⁵, possibilitando que todos os vendedores ofereçam seus serviços e produtos. A relação contratual é realizada entre o vendedor de energia para a mobilidade elétrica e o consumidor final. Sendo parte dos ativos regulados da distribuidora, os investimentos necessários ao desenvolvimento da infraestrutura de recarga e os serviços de mobilidade decorrentes são financiados através de encargos incluídos no custo da rede. Portanto a infraestrutura de recarga está integrada na tarifa regulada de energia elétrica e é financiada pelo conjunto de consumidores regulados da distribuidora.

No modelo “infraestrutura separada”, a infraestrutura de recarga é separada e independente na cadeia de valor (conforme Figura 8), o que significa que a infraestrutura de recarga não faz parte dos ativos da distribuidora. Torna-se necessário criar um novo agente, chamado de operador da infraestrutura de recarga⁵⁶. Neste modelo, pode se imaginar a emergência de um ou vários operadores de infraestrutura de recarga independentes. Esses operadores garantem que a rede de recarga seja em livre acesso para todos os vendedores de energia de mobilidade elétrica⁵⁷. A infraestrutura de recarga está financiada pelos utilizadores da rede, em função do modelo de remuneração escolhido pelo vendedor de energia⁵⁸. O operador da infraestrutura de recarga e o vendedor de energia de mobilidade elétrica são entidades separadas neste modelo, logo o operador da rede de recarga cobra ao vendedor de energia uma taxa de acesso ao equipamento de recarga, o que torna a tarifa final de energia elétrica para a mobilidade elétrica mais cara que a tarifa regulada.

Por sua vez, o modelo “mobilidade elétrica independente” considera a emergência de um novo agente, o provedor de serviço de mobilidade elétrica independente, que instala sua própria rede de recarga e fornece o serviço de mobilidade dentro de uma oferta integrada, incluindo um conjunto de serviços para seus clientes. Cabe então à responsabilidade deste agente a venda de energia para a mobilidade elétrica. Da mesma forma que no modelo

⁵⁵ Neste caso, o vendedor de energia para a mobilidade elétrica é uma entidade independente da distribuidora.

⁵⁶ Os diferentes agentes para o modelo de mercado da infraestrutura de recarga pública são estudados com maior profundidade na próxima seção.

⁵⁷ Os acordos entre os operadores das infraestruturas de recarga e os vendedores de mobilidade elétrica são concretizados através de contratos *business to business* (ou B2B).

⁵⁸ O contrato pode incluir uma componente energética, onde o consumidor paga em função do nível do seu consumo. Por outro lado, pode se estabelecer também um contrato incluindo um valor fixo mensal, escolhido pelo vendedor e independente do nível de consumo.

“infraestrutura separada”, a rede de recarga é financiada pelos clientes do provedor de mobilidade⁵⁹.

No último modelo onde um “operador local possui os postos de recarga”, os postos de recarga e a venda de eletricidade são gerenciados por operadores de estacionamento. Esses agentes constroem os equipamentos de recarga nas vagas de estacionamento e controlam a venda de energia nos lugares que eles operam. Da mesma forma que nos dois precedentes modelos, a rede de recarga é financiada pelo cliente que possui um contrato com o operador de estacionamento. O preço da recarga é escolhido pelo operador do estacionamento de maneira livre e pode ser até grátis para atrair os consumidores em áreas comerciais específicas (como é o caso dos *shopping centers* por exemplo). De acordo com EURELECTRIC (2010), este modelo favorece uma multiplicação de atores de pequena escala, competindo pelos locais com forte potencial e deixando a instalação de equipamentos de recargas nos lugares de menor interesse. Neste contexto, pode se imaginar a emergência de monopólios locais, de maneira similar ao que ocorre na distribuição do combustível fóssil.

4.2.2 Identificação dos agentes

De todo modo, a criação desta infraestrutura requer ajustes regulatórios e pode resultar na criação de novos agentes institucionais (BOHNSACK *et al*, 2014; EURELECTRIC, 2013; KLEY *et al*, 2011; SAN ROMÁN *et al*, 2011). Neste contexto, a condição primária ao estabelecimento de um modelo de mercado favorecendo o desdobramento da mobilidade elétrica se baseia na definição de novos agentes especializados no negócio da mobilidade elétrica.

Assim, se prevê a emergência do operador de posto de recarga, responsável pela operação técnica da infraestrutura de recarga, além do monitoramento dos dados coletados e da manutenção dos equipamentos, vislumbrando o acesso dos postos de recarga aos consumidores finais (EURELECTRIC, 2013). Em função do marco regulatório implantado,

⁵⁹ Neste caso a tarifa final inclui o custo da energia além do custo da rede de recarga, sendo um ativo do provedor de serviço de mobilidade elétrica.

pode se considerar que o operador de posto de recarga seja integrado na distribuidora ou, ao contrário, seja uma entidade independente⁶⁰.

O operador de rede privada é uma entidade que atua como um operador de infraestrutura elétrica independente, operando sua rede privada de recarga de veículos elétricos. Essa rede é independente e não é operada pela distribuidora (EURELECTRIC, 2013). Em função do modelo de mercado considerado, este agente pode ser confundido com o operador de posto de recarga previamente definido.

Por sua vez, o provedor de serviço de mobilidade é o agente que oferece um serviço de mobilidade elétrica para o consumidor, cuja oferta não se restringe à entrega de energia, mas pode abranger também outros serviços (estacionamento, locação de carro elétrico, etc...). Dependendo do modelo de mercado implantado, a oferta do provedor de serviço de mobilidade pode incluir ou não o preço da energia elétrica (EURELECTRIC, 2013).

Por fim, com o objetivo de agilizar as transações entre os diferentes atores definidos nos últimos parágrafos, será preciso criar uma plataforma *Clearing House*, cujo foco é organizar o balanço energético e financeiro da rede de recarga entre os operadores de postos e os provedores de serviço de mobilidade (EURELECTRIC, 2013). Sendo assim, os agentes listados neste item aparecem essenciais na elaboração de uma infraestrutura de recarga pública de veículos elétricos.

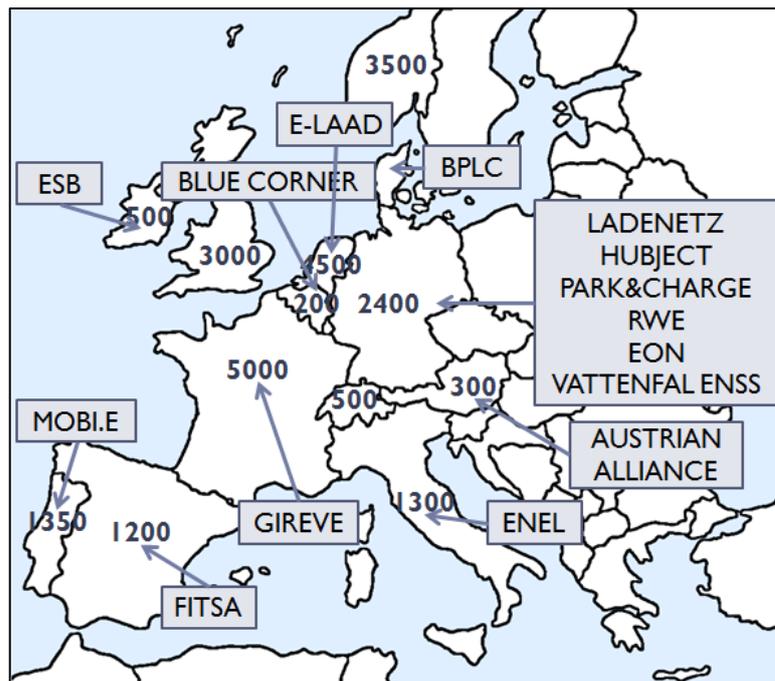
Contudo, a efetiva implementação de uma infraestrutura de recarga de veículos elétricos exige uma atuação coordenada entre governo, indústria automobilística e empresas do setor elétrico. Enquanto a atuação do governo está associada à definição de metas e elaboração de políticas públicas que incitem investimentos nesta tecnologia, os setores automobilístico e elétrico vislumbram na mobilidade elétrica a oportunidade de novos negócios. Como negócio, a gestão e venda de energia depende principalmente dos modelos regulatórios de venda de energia e gestão de infraestrutura de recarga implementados. Em outras palavras, as oportunidades de negócio decorrentes desse cenário, portanto, estão intrinsecamente ligadas ao modelo regulatório.

⁶⁰ O modelo « infraestrutura integrada » vislumbra a integração do operador de posto de recarga com a distribuidora. Os outros modelos descritos no item 4.2.1 consideram que o operador de posto de recarga seja uma entidade independente da distribuidora. O operador de posto de recarga que esteja também envolvido nas operações de venda de energia pode comprar energia no mercado e oferecer um serviço de recarga completo ao consumidor. Possivelmente no modelo de mercado implantado haverá uma diferenciação entre o operador técnico do posto de recarga e o vendedor de energia para a mobilidade elétrica (que oferece serviços de mobilidade ao consumidor, utilizando a rede de recarga).

4.2.3 Os modelos de mercado implantados na Europa

A União Europeia é um caso interessante para estudar o desenvolvimento das infraestruturas de recarga pública, por ter vários países participando ativamente do desdobramento da eletrificação veicular e apresentando um alto grau de liberalização do seu setor elétrico. De forma abrangente, a liberalização dos modelos regulatórios europeus⁶¹ permitiu a implantação de vários modelos de mercados para a mobilidade elétrica, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9: Número de postos de recarga nos países europeus em 2013



Fonte: GIREVE (2013).

Assim na França, na Alemanha, na Espanha e no Dinamarca, os modelos de “mobilidade elétrica independente” foram implementados, mesmo tendo algumas diferenças

⁶¹ A liberalização dos diferentes setores elétricos europeus se iniciou em 1996 com a Diretiva 96/92/EC, conforme (BOLTZ, 2013). Assim, os consumidores cativos europeus tem a possibilidade de escolher seu fornecedor de energia elétrica, fazendo com que a distribuição e a comercialização da energia na Europa sejam negócios dissociados.

com o modelo teórico previamente definido (EURELECTRIC, 2013). Isso significa que as infraestruturas de recarga públicas foram instaladas de maneira independente da distribuidora local e que o fornecimento de energia para os postos de recarga se tornou um negócio competitivo. Do ponto de vista da distribuidora, os eletropostos são tratados como qualquer outro ponto de conexão à rede básica.

Por sua vez, a Itália, a Irlanda e o Luxemburgo implementaram modelos de mercado que se aproximam do modelo teórico “infraestrutura integrada”, onde os países estabeleceram uma plataforma competitiva para que os provedores de serviço possam oferecer seu serviço aos consumidores finais (EURELECTRIC, 2013). Nesse modelo, a infraestrutura de recarga é pública e gerenciada pela própria distribuidora. Cabe destacar que a distribuidora é capaz de identificar o provedor de serviço de mobilidade associado com o cliente que está efetuando a recarga do seu veículo.

4.3 ANÁLISE DO PROCESSO DE ESTRUTURAÇÃO DA REDE NACIONAL DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM PORTUGAL: 2009 – 2014⁶²

Em 2009, o governo de Portugal iniciou o *Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal* buscando criar condições básicas para viabilizar a utilização e difusão dos carros elétricos no país. O objetivo maior do programa é o de contribuir com o esforço em relação às metas nacionais de diminuição das emissões de gases de efeito estufa. O objetivo específico é de posicionar o país como pioneiro neste novo e estratégico paradigma tecnológico que irá determinar novos parâmetros para a mobilidade urbana. A partir desses objetivos de política energética e tecnológica, foi iniciado o Programa para a Mobilidade Elétrica, comumente designado por MOBI.E. A rede piloto foi constituída com a instalação de 1350 postos de carregamento com cobertura de âmbito nacional, abrangendo 25 municípios nas principais capitais de distrito e nas áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto. Trata-se assim de uma rede nacional de carregamento para carros elétricos, totalmente interoperável e centrada no usuário – i.e., integrando diferentes operadores e possibilitando o acesso de qualquer usuário a

⁶² Este estudo de caso do modelo de mercado português foi elaborado ao longo de um estágio CEiiA, empresa que atua como gestor da rede nacional de recarga e que está desenvolvendo ferramentas tecnológicas e soluções inovadoras para os eletropostos da rede. Os elementos enumerados ao longo desta seção foram publicados com maior precisão no TDSE n°60 (texto de discussão do setor elétrico publicado pelo GESEL) em maio de 2014.

qualquer ponto de carregamento. A constituição da rede piloto tem permitido testar e validar soluções para a mobilidade elétrica, criando um laboratório dinâmico, estratégico e de âmbito nacional para experimentação de soluções em escala nacional.

Nesse contexto, essa seção analisa a estruturação do quadro legal e regulatório do Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal. Será abordado em um primeiro momento os objetivos maiores definidos pelo governo português. Na segunda parte, é examinado o regime jurídico que coordena os diversos atores do programa de mobilidade elétrica. O terceiro momento estuda a estrutura tarifária do programa, mais especificamente as tarifas de acesso praticadas e seus possíveis impactos sobre o desenvolvimento da rede de recarga. Por fim são apresentadas as principais conclusões que indicam que a experiência de Portugal é um case de sucesso pela sua dimensão nacional, pelo marco regulatório constituído e pelas soluções tecnológicas adotadas e em desenvolvimento.

4.3.1 O Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015 – concretizado em maio de 2008 foi uma resposta às exigências do Parlamento Europeu relativas à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. Esse plano engloba um conjunto de programas e tem por objetivo melhorar a eficiência energética do país. Dentro dessas ações, o governo português adotou em 2009 na Resolução n.º 20/2009 o *Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal*, a fim de criar as condições para viabilizar a emergência dos carros elétricos no país. Dessa forma, o governo identificou, nessa época, determinados objetivos essenciais, destacando-se os seguintes:

- i. Criação de um enquadramento legal e regulamentar;
- ii. Estruturação de uma rede nacional de recarga de carros elétricos;
- iii. Constituição de um modelo de mercado e de serviço⁶³;
- iv. Estudo de modelos de estímulo à procura/introdução de veículos no mercado;
- v. Definição das formas de financiamento: incentivos para facilitar a comprar de veículos elétricos, financiamento da rede.

⁶³ Na época, o governo português identificou a necessidade de se desenhar um modelo de mercado como condição primária à instauração de uma rede nacional de recarga, confirmando os argumentos do item 3.2.1.

Em setembro de 2009, o governo português explicitou o plano de trabalho, constituído em três fases, conforme anotado na Resolução n.º 81/2009.

A primeira fase, chamada de fase piloto: foi planejada a implantação de uma infraestrutura mínima de 320 pontos de recarga de carros elétricos até o final de 2010, divididos entre 300 postos de carregamento *normal*⁶⁴ e 20 postos de carregamento *rápido*⁶⁵. A meta para o final de 2011 era de chegar até 1350 postos no país, com 1300 postos de recarga normal e 50 de recarga rápida. Buscava-se criar uma rede de recarga espalhada entre 25 municípios, englobando as principais capitais de distrito e as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, além das principais rodovias e estradas do país. A Resolução n.º 81/2009 identificou os diferentes espaços de recarga de carros elétricos⁶⁶ e destacou o papel dos municípios para investir no desenvolvimento da rede de recarga nos espaços públicos. O Plano de Trabalho previa também incentivos financeiros e fiscais para facilitar a compra de carro elétrico, destacando-se como principais:

- i. Subsídio entre 5000€ e 6500€ para a compra de um carro elétrico; e
- ii. Redução dos impostos para as empresas e particulares.

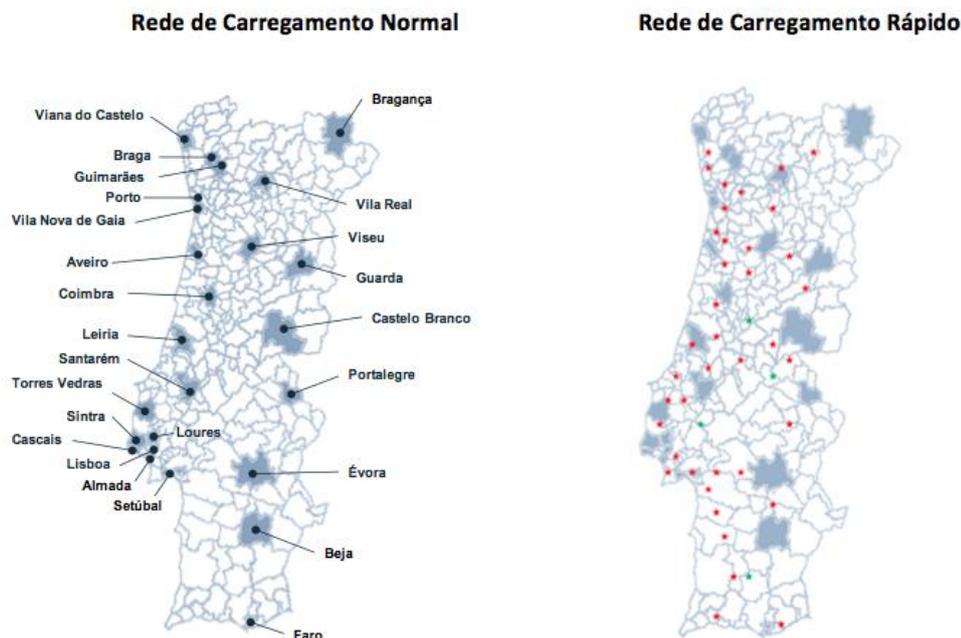
Para iniciar este processo, o governo português adquiriu 20 veículos elétricos e fixou o objetivo de incluir 20% de carros elétricos na renovação anual da frota da administração central. Nestes termos, pode-se destacar que as numerosas medidas anunciadas para a primeira fase do plano piloto tinham o duplo objetivo de estimular a compra de carros elétricos através de subsídios financeiros, como também de criar um modelo de mercado para a infraestrutura de recarga nacional.

⁶⁴ Em um posto de recarga normal, é preciso 8 horas para cumprir uma recarga completa, considerando uma bateria média de 20 kWh.

⁶⁵ Por sua vez, em um posto de recarga rápido, é preciso entre 20 e 30 minutos para uma recarga completa, considerando uma bateria média de 20 kWh.

⁶⁶ No documento, foram principalmente destacados os locais de recarga em espaços públicos ou privados de acesso público, além dos espaços privados de acesso privado.

Figura 10: Plano original de implantação da rede piloto em Portugal.



Fonte: CEIIA, 2013.

As segunda e terceira fase do Programa para a Mobilidade Elétrica foram chamadas de fases de crescimento e de consolidação respetivamente. Em 2009, ainda não existiam medidas explícitas e claras para essas fases subsequentes do Programa. No entanto, a Resolução n.º 81/2009 afirmava que as segunda e terceira fases do programa corresponderiam à ampliação da rede piloto de recarga e que a última fase do Programa ocorreria quando fosse possível obter uma bidirecionalidade das interações energéticas entre o utilizador de carro elétrico e a rede elétrica, entendendo que o conceito de bidirecionalidade referia-se às redes elétricas inteligentes, ou seja, ao *smart-grid*.

Na Resolução n.º 81/2009, o governo definiu pela primeira vez a tipologia dos atores envolvidos na estruturação da rede de recarga de carros elétricos, a fim de determinar e atribuir as diferentes responsabilidades no fomento desse novo paradigma tecnológico:

- i. *Operador de ponto de carregamento*: responsável pela instalação, manutenção e operação dos postos;
- ii. *Comercializador de eletricidade para a mobilidade elétrica*: comercializam energia elétrica para os utilizadores finais;
- iii. *Gestor da rede*: efetua a gestão dos diversos fluxos – energéticos, financeiros, informativos – e assegura a acessibilidade da rede nacional de recarga a qualquer utilizador.

A caracterização e definição dos diferentes atores é primordial, a fim de se poder determinar uma primeira abordagem da estruturação legal e regulamentar da infraestrutura de recarga nacional. Em efeito, as seguintes peças legislativas e regulamentares se basearam nessa classificação básica enunciada em 2009 para propor um quadro legal ao desenvolvimento da rede de recarga nacional.

4.3.2 Regras e regime jurídico da rede piloto de mobilidade elétrica

O Decreto-Lei n.º 39/2010 de 2010 estrutura juridicamente a rede de mobilidade elétrica, codificando especificamente a fase piloto do programa para a mobilidade elétrica. Três objetivos principais se destacam:

- i. Incentivar a aquisição e a utilização de carros elétricos;
- ii. Garantir o carregamento das baterias desses carros através do desenvolvimento de uma rede nacional de recarga;
- iii. Garantir a universalidade e a equidade de acesso aos serviços de mobilidade elétrica.

Nestes termos, a questão analítica central deste segundo ponto é analisar a estruturação da infraestrutura de recarga de carros elétricos, através da codificação dos diversos atores da mobilidade elétrica.

4.3.3 O modelo de mercado MOBI.E

O Decreto-Lei n.º 39/2010 define de maneira abrangente o ambiente que constitui a mobilidade elétrica em Portugal. O texto assegura uma liberdade de acesso a qualquer ponto de carregamento de acesso público da rede aos utilizadores e afirma, com destaque, a necessidade de ter uma interoperabilidade entre a rede desenvolvida e os diversos sistemas e marcas envolvidos na mobilidade elétrica. Neste sentido, o objetivo principal da legislação é de facilitar a utilização da rede pelos clientes, pois o caráter de interoperabilidade técnica e de negócio da rede garante a qualquer usuário o acesso a qualquer ponto com qualquer veículo. Essa característica é pioneira e única do projeto português à data da sua implementação.

Em linhas gerais, o modelo de mercado prevê, para Portugal, a separação entre as atividades de comercialização de eletricidade para mobilidade eléctrica e a operação técnica de pontos de carregamento⁶⁷. Para garantir o seu acesso à rede pública de recarga, o cliente deve contratar um dos comercializadores de energia para a mobilidade eléctrica, cuja atividade é liberalizada⁶⁸. Este contrato garante o livre acesso do cliente a qualquer ponto da rede, de qualquer operador, e estabelece que o pagamento de uma recarga inclui o serviço de carregamento, a eletricidade e, quando aplicável, o estacionamento.

O modelo de mercado implantado em Portugal prevê também uma livre concorrência entre os operadores de pontos de carregamentos, conforme assinalado pela Figura 11. Cabe aos operadores técnicos de pontos de recarga a responsabilidade de garantir o livre acesso da sua rede para os consumidores de qualquer comercializadora.

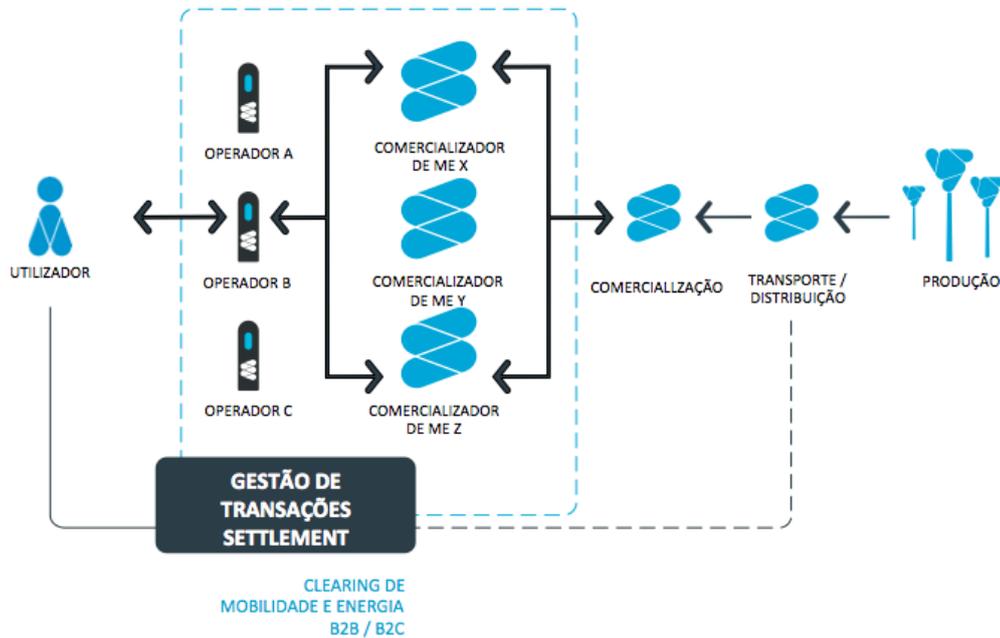
Por fim, a gestão dos fluxos energéticos e financeiros da rede é realizada pelo gestor da rede, agente central desse modelo de mercado, que funciona como uma plataforma *clearing house*⁶⁹. O objetivo dessa entidade é organizar o balanço energético e financeiro da rede de recarga entre os operadores técnicos de postos e os comercializadores de energia para a mobilidade eléctrica. Dessa forma, procura-se garantir de maneira transparente a livre concorrência entre os diferentes agentes atuando no mercado.

⁶⁷ Sendo assim, o modelo de mercado escolhido em Portugal se aproxima ao modelo teórico “infraestrutura independente”, onde as atividade de operação técnica dos postos de recarga e a venda de energia para a mobilidade eléctrica se tornam negócios competitivos e ficam independentes do controle da distribuidora.

⁶⁸ Porém, os agentes comercializadores para a mobilidade eléctrica ainda não estão atuando no sistema, sendo que a fase piloto do programa foi prorrogada pelo Despacho n.º 9220/2013 e que os clientes da rede ainda não pagam pela energia consumida. Atualmente, todos os clientes da rede são registrados pela sociedade gestora de operações da rede, têm seus consumos monitorados pelo sistema, mais ainda não pagam por essas recargas. Uma vez acabada esta fase piloto, os utilizadores contratarão um dos comercializadores e serão faturados pelas energias consumidas.

⁶⁹ A plataforma *clearing house* foi definida no item 4.2.2.

Figura 11: Organização da infraestrutura de recarga de carros elétricos em Portugal.



Fonte: CEIIA, 2013.

Cabe destacar que as atividades do gestor da rede e dos operadores técnicos de pontos de recarga são parcialmente reguladas, sendo que o próprio governo determinou a remuneração dessas duas entidades⁷⁰. Essas características tarifárias serão detalhadas mais adiante no item 4.3.4.

4.3.3.1 Comercializador de energia para a mobilidade elétrica

Pelo modelo legal proposto, o comercializador de energia para a mobilidade elétrica compra energia no mercado atacadista de energia e a vende para seus consumidores através dos postos de recarga. O modelo prevê uma livre concorrência para a atividade de comercialização de energia, garantindo uma liberdade de escolha para os usuários finais⁷¹.

⁷⁰ O gestor da rede de recarga apresenta uma tarifa pelo custo de serviço estabelecida e monitorada pelo órgão regulador português (ERSE). Por outro lado, a remuneração do operador técnico de ponto de recarga foi determinado na Portaria n.º 180/2011, vislumbrando a competitividade dos custos de abastecimento com os combustíveis convencionais (gasolina ou diesel).

⁷¹ A responsabilidade da Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) é avaliar os diferentes requisitos técnicos e financeiros para atribuir a licença de comercializador de energia para a mobilidade elétrica, conforme assinalado na Portaria n.º 456/2010. Entre os requisitos, destaca-se que o futuro comercializador terá que pagar

Cabe à responsabilidade do comercializador de energia para a mobilidade elétrica a contratação de acordos bilaterais com os diversos operadores técnicos de pontos para assegurar o livre acesso dos seus utilizadores aos equipamentos de recarga.

4.3.3.2 Operador de pontos de recarga

A função do operador técnico de ponto de recarga é instalar, disponibilizar, explorar e assegurar a manutenção dos postos de recarga de acesso público ou privativo que pertencem à rede nacional. Como explicado anteriormente, essa atividade já está aberta à concorrência, sendo que existem atualmente três operadores de postos em Portugal⁷². Entre os deveres do operador, é previsto na Portaria n.º 1202/2010:

- i. Permitir o acesso dos postos a qualquer utilizador e qualquer comercializador, ou seja, o princípio de livre acesso;
- ii. Fornecer ao gestor da rede os dados de energia consumida nos postos por comercializador;
- iii. Submeter a aprovação da DGEG, de cinco em cinco anos, o plano de expansão da rede de recarga⁷³.

A instalação dos equipamentos de recarga em locais públicos e privados de acesso público é realizada pelo próprio operador de postos de recarga. Mais especificamente, a utilização e instalação dos postos no domínio público são sujeitas à atribuição de uma licença, implicando o pagamento de uma taxa anual pelos operadores (Portaria n.º 1202/2010).

caução de € 250 mil a favor da sociedade gestora das operações para garantir o cumprimento das diferentes obrigações relacionadas ao exercício da função de comercializador de energia.

⁷² Primeiro, EDP MOP é uma subsidiária da maior empresa de energia portuguesa, EDP, e conta a maioria dos postos de recarga do país. EDP é portanto o maior operador de postos da rede MOBI.E. Em seguida, GALPESTE é uma subsidiária da maior empresa de petróleo portuguesa e conta uma ampla rede de postos através do país. Por fim, PRIO.E é uma empresa portuguesa especializada no desenvolvimento de soluções inovadoras para a mobilidade sustentável de base elétrica. PRIO.E é o terceiro operador de postos de recarga em Portugal.

⁷³ Uma vez finalizada a fase piloto do programa, o operador deverá fornecer à DGEG o plano de expansão da rede de mobilidade elétrica que ele pretende cumprir a cada cinco anos. Dentro desse plano, o operador deve garantir alguns critérios de otimização da expansão da rede, como a cobertura em um número mínimo de municípios, de forma proporcional ao número de habitantes desses municípios. A distribuição geográfica dos pontos no território deveria incluir uma distância máxima entre pontos e planejar a colocação dos postos dentro, em locais de acesso público e privativo, e fora – incluindo as rodovias – das zonas urbanas, conforme assinalado pela Portaria n.º 1202/2010

Em relação à instalação de postos em locais privados de acesso privado, ela pode ser realizada pelo operador de postos ou pelo próprio possuidor do equipamento de recarga⁷⁴. Na verdade, os postos em locais privados de acesso privado podem ser incluídos na rede, mesmo se o quadro regulamentar privilegia o desenvolvimento dos postos de acesso público⁷⁵.

4.3.3.3 Sociedade gestora das operações da rede

O gestor da rede tem como principais atribuições controlar os fluxos energéticos e financeiros associados às diversas operações da rede de mobilidade elétrica. O gestor da rede está no centro do programa para a mobilidade elétrica em Portugal, pois além de acompanhar e monitorar o desenvolvimento da rede nacional, ele monitora todas as transações entre os operadores técnicos de postos e os comercializadores de energia para a mobilidade elétrica que atuam no programa: os comercializadores e os operadores técnicos de pontos. Este órgão possui uma tarifa regulada pelo custo de serviço e seu capital é detido majoritariamente pela distribuidora portuguesa EDP.

Com o objetivo de apoiar tecnicamente as operações energéticas e financeiras que devem ser cumpridas pelo gestor da rede; o Mobility Intelligence Center (MIC) é uma plataforma técnica que gere os diferentes sistemas de informação, além de desenvolver novas ferramentas técnicas para apoiar o desenvolvimento da rede recarga. O MIC faz parte integral do gestor da rede nacional de recarga.

Em Portugal, a elaboração de um sistema de informação sobre a rede nacional de recarga padroniza o monitoramento dos consumidores, pois ele constitui o primeiro passo na elaboração de uma base de dados sobre o comportamento dos usuários à respeito da rede de recarga. Assim, podem ser recolhidas as informações sobre as horas e localizações preferidas

⁷⁴ Segundo o Decreto-Lei n.º 39/2010, para facilitar o desenvolvimento dos postos de recarga no país, a construção de novos prédios deverá incluir a infraestrutura necessária para a instalação de postos de recarga normal ou uma tomada elétrica que deve cumprir os requisitos técnicos para possibilitar a recarga de carros elétricos para cada local de estacionamento de veículos. Por outro lado, nas rodovias, as concessionárias de abastecimento de combustíveis devem facilitar a instalação e operação de postos de recarga rápida.

⁷⁵ Esse ponto é central na discussão sobre o monitoramento da rede portuguesa, sendo que cerca de 80% das recargas ocorrem nas residências na avaliação do Mobility Intelligence Center (este órgão é definido no item 3.2.2). A instalação otimizada dos postos de recarga públicos passa por um bom conhecimento do perfil de recarga dos clientes e implica o monitoramento das recargas residenciais pelo gestor da rede. Até agora, as recargas residenciais não são integradas nas operações de controle do sistema.

de recarga dos consumidores, além dos trajetos frequentemente realizados. A constituição dessa base de dados constitui então um ponto chave, sendo uma primeira etapa para entender as expectativas dos usuários em relação ao serviço de recarga. De acordo com WEILLER (2012), os agentes que entraram logo no negócio da mobilidade elétrica e mediram os dados relativos à utilização do seu serviço terão uma vantagem competitiva consequente, pois essas empresas poderão oferecer um conjunto de serviços diretamente direcionados nas expectativas do consumidor. Nesse contexto, o papel do gestor da rede português é primordial como agente centralizador das informações de uso da rede, baseando sua atividade nos sistemas de informação operados pelo MIC.

4.3.4 Estrutura tarifária do Programa

A ERSE estabeleceu em agosto de 2011 no Regulamento n.º 464/2011 os princípios tarifários do programa para a mobilidade elétrica, seguindo as indicações previamente definidas no quadro regular no Decreto-Lei n.º 39/2010. Neste documento, o regulador especifica particularmente a regulação econômica do gestor da rede nacional, além de tratar da supervisão dos volumes e dos preços relacionados aos comercializadores de energia para a mobilidade elétrica. Em relação à revisão das tarifas da mobilidade elétrica, ela ocorre uma vez por ano. A ERSE elabora uma proposta da tarifa para o ano seguinte, mas a decisão final é tomada pelo Conselho Tarifário português, que publica uma nota oficial com o valor das novas tarifas.

4.3.4.1 Modelo de remuneração

A remuneração do comercializador de energia para a mobilidade elétrica se baseia no contrato assinado com os usuários da rede, tendo em vista que este comercializador deve garantir o acesso dos postos de recarga aos seus usuários, através de acordos profissionais assinados com os operadores técnicos de pontos de recarga. O comercializador é então

remunerado através do fornecimento de eletricidade para a mobilidade elétrica⁷⁶ e redistribui uma parte da sua receita para os operadores técnicos de pontos de recarga (pelo uso dos equipamentos de recarga que lhes pertencem) e outra parte para o gestor de rede (o qual fatura o serviço de controle e monitoramento da rede ao comercializador).

A remuneração dos operadores de postos foi definida na Portaria n.º 180/2011, onde é previsto uma contrapartida financeira aos operadores pela exploração técnica dos postos de recarga. Assim, conforme ao que foi anunciado no parágrafo precedente, cabe ao comercializador de energia para a mobilidade elétrica o pagamento do serviço de operação técnica dos postos de recarga. De acordo com a Portaria n.º 180/2011, um montante máximo pode ser cobrado pelos operadores de postos de recarga, cujo valor pode ser revalorizado uma vez por ano. A tarifa estabelecida se baseia em dois princípios:

- i. O regime remuneratório é função do valor de energia consumida;
- ii. O valor da remuneração é diferenciado entre os postos de recarga normal e os postos de recarga rápida⁷⁷.

Em relação aos locais privados de acesso privado, se o usuário for escolher um operador de postos para a instalação e a manutenção do seu posto, o operador pode cobrar até € 48 por ano para compensar os custos relacionados à operação e manutenção do equipamento instalado⁷⁸.

Conforme assinalado pelo Regulamento n.º 464/2011, a tarifa ao custo de serviço do gestor da rede elaborada pela ERSE tem por princípio básico compensar as diferentes atividades de integração dos agentes da mobilidade elétrica. A tarifação ao custo de serviço aplicada busca um pagamento otimizado dos diferentes serviços de controle e monitoramento da rede, com o objetivo de compensar os diferentes custos do gestor da rede (capital, ativos,

⁷⁶ Contudo, o Despacho n.º 9220/2013 prorrogou a fase piloto do programa para a mobilidade, o que faz com que os clientes da rede ainda não pagam pela eletricidade consumida nas recargas do seu veículo. Embora o sistema de operações da rede seja completamente funcional para controlar os fluxos financeiros relacionados aos consumos energéticos, os comercializadores entrarão no programa para a mobilidade elétrica uma vez acabada a fase piloto do programa e as recargas grátis.

⁷⁷ Na prática, a tarifa de serviço de recarga normal do operador de postos é dividida entre dois períodos horários. Nos períodos de ponta, o serviço é cobrado € 0,07/kWh, enquanto nos horários fora de ponta o mesmo é cobrado € 0,03/kWh. Por sua vez, não foi prevista tal distinção no carregamento rápido, onde foi implantada apenas uma tarifa de serviço única de € 0,20/kWh.

⁷⁸ Espera-se que o modelo de remuneração seja reajustado no âmbito da corrente revisão do enquadramento da mobilidade elétrica.

serviços, etc...). Na prática, o gestor da rede é remunerado pelo comercializador de energia para a mobilidade elétrica⁷⁹. Essa remuneração se baseia na seguinte fórmula:

$$Tarifa_{Gestor} = NCE \cdot TF + NC \cdot TNC + TC \cdot TTC$$

Onde:

- i. TF = termo associado ao número de carros elétricos circulando no país (NCE);
- ii. TNC = termo dependente do número de transações realizadas na rede (NC);
- iii. TTC = último termo, função do tempo de carregamento (TC).

4.3.4.2 Tarifa de acesso às redes de energia elétrica

O Regulamento n.º 464/2011 da ERSE estabeleceu que as tarifas de acesso às redes elétricas aplicadas para a mobilidade elétrica sejam iguais às definidas no Regulamento Tarifário do setor elétrico português. Essa característica é interessante, na medida em que o setor elétrico português apresenta uma estrutura tarifária horária.

As estruturas tarifárias horárias já são aplicadas em vários países do mundo, vislumbrando um maior controle sobre o consumo energético, tanto para o setor industrial como residencial. Portanto, esse tipo de regulamentação tarifária incentiva financeiramente os consumidores a terem um melhor controle sobre seu consumo energético. Dessa forma, o Regulamento n.º 464/2011 define implicitamente uma estrutura tarifária horária para a rede nacional de recarga de carros elétricos. Isso pode ser considerado como uma solução prévia para controlar o consumo energético dos veículos elétricos.

Sendo que a grande maioria das recargas de carros elétricos ocorre nos postos de recarga normal⁸⁰, cujo ponto de conexão tem uma demanda inferior à 40 kVA, a tarifa de baixa tensão se aplica na grande maioria das recargas de veículos elétricos da rede portuguesa.

Em Portugal, a estrutura tarifária de baixa tensão incentiva os utilizadores a consumir energia durante a noite nas horas chamadas de *vazio* – equivalente ao termo *fora da ponta*.

⁷⁹ Por outro lado, o operador técnico de ponto de recarga deve pagar uma contrapartida ao gestor da rede no momento da integração dos seus postos. O valor a pagar pelo operador é determinado anualmente pelo ERSE, conforme assinalado pelo Regulamento n.º 464/2011.

⁸⁰ Segundo os dados do Mobility Intelligence Center, mais de 90% das recargas são realizadas nos postos de recarga normal.

Esse incentivo é significativo, pois a tarifa na hora de *vazio* é cerca de duas vezes menor que na hora *fora de vazio* (EDP, 2013). Portanto, sabendo que o Regulamento n.º 464/2011 pretende igualizar as tarifas para a mobilidade elétrica às tarifas de energia elétrica, os utilizadores da rede nacional de recarga serão incentivados à utilizar a rede de maneira inteligente, de preferência durante a noite.

O marco regulatório assim definido, junto com a instalação dos postos de recarga, vem incentivando o futuro comportamento de recarga dos utilizadores da rede MOBI.E. É importante destacar que no modelo de mercado implantado em Portugal, o governo procurou aplicar uma tarifa de recarga coerente com a estrutura tarifária de energia elétrica vigente. Dessa forma, os consumidores são convidados a controlar os horários de recarga do seu veículo elétrico desde a implementação da recarga paga no programa para a mobilidade elétrica. Isso é um ponto positivo para a rede portuguesa, na medida em que uma tarifa horária penalizando a recarga nas horas de forte consumo é uma ferramenta eficiente para controlar o impacto dos veículos elétricos sobre o sistema elétrico como um todo.

Cabe enfatizar que o programa para a mobilidade elétrica se orienta para um desenvolvimento urbano da rede de recarga, na medida em que foram priorizados três vetores no Decreto-Lei n.º 39/2010:

- i. Desenvolvimento prioritariamente urbano da rede nacional de recarga;
- ii. Obrigação de colocar pré-instalação para postos de recarga na construção de novos prédios; e
- iii. Cobertura proporcional da rede ao número de habitantes nos municípios.

Essas indicações poderiam ser ainda reforçadas, mas o Decreto-Lei n.º 39/2010 não obrigou uma instalação mínima de postos nos prédios existentes. Por outro lado, pode se destacar que não foi previsto no projeto inicial o monitoramento da totalidade dos postos residenciais, que representam cerca de 80% das recargas segundo as estimativas do MIC. Isso pode se revelar um problema consequente para o futuro desenvolvimento da rede, dado que uma instalação eficiente dos postos de recarga pressupõe um conhecimento do comportamento de uso dos clientes. Logo, é preciso conhecer o perfil de recarga dos usuários para se planejar da melhor forma possível os futuros postos de recarga.

4.3.5 Ensinaamentos do modelo da rede MOBI.E

Desde 2009, o governo português percebeu a oportunidade que os carros elétricos representam como alternativa aos carros de combustão interna. Desta forma, mesmo enfrentando os problemas derivados da crise econômica que impactou o mercado europeu e em particular Portugal, o programa para a mobilidade elétrica foi mantido a fim de incentivar e estimular mudanças tecnológicas. A emergência de uma infraestrutura nacional de recarga no âmbito da mobilidade elétrica foi, na época, pioneira no mundo, dado que o programa desenhou um modelo de mercado criando as condições para coordenar e viabilizar economicamente os três atores necessários ao bom funcionamento da rede de recarga. Portugal procurou desenhar um mercado de mobilidade elétrica estruturado e concorrencial, orientado para os utilizadores com base em princípios de interoperabilidade e livre acesso, explorando a liberalização no acesso à energia e a tendência para a introdução de serviços inovadores associados à mobilidade elétrica⁸¹. Hoje, a tendência é que os modelos de mercado para as infraestruturas públicas de recarga de veículos elétricos tendam a se generalizar, conforme ao que foi apresentado no item 4.2.1.

Por outro lado, o desenvolvimento de uma rede nacional a partir de 2009 possibilitou o desenvolvimento de novas competências na indústria local, criando um embrião de *cluster* industrial e de serviços de mobilidade elétrica, tornando empresas como o CEIIA, a EFACEC ou a EDP detentores de uma capacidade industrial sobre a mobilidade elétrica. A estruturação de uma rede nacional de recarga de veículos elétricos em Portugal criou portanto um polo de excelência no segmento da mobilidade elétrica, tornando Portugal exportador da sua competência técnica quase única no mundo.

Finalmente, o desenho de mercado implantado em Portugal, que se aparenta ao modelo “infraestrutura separada” definido na seção 3.2.1, demonstrou que a recarga de carros elétricos é mais complexa que o mero abastecimento do veículo, na medida em que diversos agentes estão atuando conjuntamente para tornar possível este abastecimento. Dessa forma, a recarga

⁸¹ Cabe destacar que o programa para a mobilidade elétrica está entrando em uma fase crucial de adaptação da rede às expectativas de consumo dos seus usuários, em um contexto econômico europeu complexo e adverso. Com efeito, apesar de estar ainda na fase piloto, o programa está sendo revisado na sua parte de planejamento, a fim de ajustar-se à demanda local, conforme sinalizado no Despacho n.º 9220/2013. Nesse sentido, um dos principais objetivos será, entre outros, de favorecer a atratividade do carregamento doméstico.

de veículos elétricos é mais parecida com um serviço de telecomunicação, onde é possível considerar uma série de serviços dedicados à mobilidade, inclusive o *roaming* de mobilidade⁸². A noção de serviço se torna portanto particularmente relevante no caso da recarga de veículo elétrico e mais geralmente no âmbito da mobilidade elétrica. Essas noções são aprofundadas na próxima seção, cujo objetivo é enfatizar os conceitos de serviços na mobilidade elétrica.

4.4 O SERVIÇO DE MOBILIDADE ELÉTRICA

Uma série de modelos de negócios já foi estudada para se usufruir das características técnicas vantajosas dos veículos elétricos e torná-lo economicamente atrativo (sistemas onde o veículo se torna reserva de energia do sistema elétrico, modelos *vehicle to grid* ou *vehicle to home*, etc...). O veículo elétrico poderia até resolver a difícil equação da integração em larga escala das fontes renováveis intermitentes (ANDERSEN *et al*, 2009). Contudo, essas soluções requerem como condição primária o desenvolvimento em larga escala das chamadas redes inteligentes, na medida em que o usuário deixará de ser um mero consumidor de energia e se tornará um fornecedor de energia para o sistema elétrico (KEMPTON e TOMIC, 2005). Neste contexto, os modelos de negócios para a mobilidade elétrica serão mais focados nos serviços de mobilidade e menos dedicados no abastecimento do sistema energético.

A última seção deste capítulo se foca no modelo de negócios da Autolib' que trata especificamente a mobilidade elétrica como um serviço. Neste serviço de *car-sharing* inovador implantado em Paris a partir de 2011, o veículo representa apenas o equipamento para atingir o objetivo de mobilidade. Segundo KAPLAN (2011), a vontade política da época era que Autolib' pudesse mudar os costumes de ambos os possuidores de veículos e dos que não possuíam, na medida em que os primeiros seriam incentivados a usar menos seu veículo particular, enquanto os outros teriam um novo serviço de mobilidade.

⁸² Em telefonia, o conceito de *roaming* (ou itinerância) designa a capacidade de obter conectividade do seu aparelho nas zonas não cobertas pela infraestrutura do operador contratado, através de um outro operador. Este conceito de *roaming* pode ser transferido à mobilidade elétrica, onde se torna possível recarregar seu veículo elétrico nos equipamentos que não pertencem ao provedor de serviço de mobilidade contratado. Este conceito se torna relevante com a multiplicação dos agentes no mercado de mobilidade elétrica.

4.4.1 O modelo *car-sharing* da Autolib' na França

O projeto Autolib', cujo nome é uma composição entre o termo “automóvel” e “liberdade”, trata concretamente a mobilidade elétrica como um serviço. Desde 2011 essa empresa oferece um serviço de locação de veículos elétricos na capital francesa e nos municípios vizinhos, cujo objetivo é de instalar uma rede de 1000 estações de recarga⁸³ e de 3000 carros elétricos. A característica da Autolib' é de ser um operador de mobilidade verticalmente integrado, oferecendo o desenvolvimento do próprio carro da empresa e da sua infraestrutura de recarga, além de gerar a contratação dos clientes e a oferta de serviços (WEILLER, 2012).

O modelo da Autolib' é compatível com as especificidades locais. Paris é uma cidade de apenas 105 km² com uma grande densidade urbana, onde 58% dos parisienses não possui carro (KAPLAN, 2011). Na média, há cerca de 3 (três) milhões de viagens particulares diárias na capital francesa e uma das grandes dificuldades é de estacionar seu veículo entre uma das 750 mil vagas disponíveis⁸⁴. Neste contexto, uma solução de mobilidade a mais é percebida como um benefício para os consumidores.

Antes do projeto Autolib' ser implementado, algumas entrevistas foram realizadas com os parisienses para avaliar as expectativas dos potenciais consumidores sobre o futuro serviço e os resultados foram extremamente positivos. Assim, 45% dos entrevistados morando em Paris ou na região suburbana demonstraram interesse pelo projeto Autolib', dos quais 56% já possuíam um carro (KAPLAN, 2011). O público alvo, majoritariamente jovem⁸⁵, declarou que Autolib' iria mudar sua maneira de abordar a mobilidade. Por outro lado, 31% dos parisienses que manifestou um interesse pela Autolib' na época se declarou apto para deixar seu veículo particular. Esses elementos sustentam portanto a ideia que um modelo de negócios inovador combinando o veículo elétrico com uma oferta orientada para o serviço pode constituir uma alternativa viável ao paradigma da mobilidade particular.

⁸³ Uma estação de recarga representa, na teoria, cerca de 6 pontos de recarga de veículos elétricos. Contudo, em 2013, AUTOLIB' METROPOLE (2014a) anunciou uma rede de 4266 pontos de recarga espalhadas através da capital francesa.

⁸⁴ De acordo com KAPLAN (2011), das 750 mil vagas de estacionamento disponíveis em Paris, 440 mil correspondem às vagas privadas (estacionamentos subterrâneos e outras garagens), 160 mil estacionamentos nas ruas, 80 mil estacionamentos para as lojas e shoppings centers, e ainda 70 mil vagas para as companhias de estacionamento.

⁸⁵ Entre as pessoas interessadas pelo projeto Autolib', 42% tinha entre 18 e 34 anos.

Do ponto de vista técnico, a quase totalidade dos trajetos pode ser cumprida pelo carro elétrico da empresa, que possui uma autonomia de 250 km em condições urbanas. Isso significa que o consumidor pode ir do Norte até o Sul da capital usando apenas 15% da bateria do carro elétrico (WEILLER, 2012). Além dessas características técnicas, cabe destacar que os carros da capital francesa ficam estacionados 95% do tempo e que 16% dos parisienses usam seu veículo menos de uma vez por mês, tornando o serviço de mobilidade muito mais interessante que a própria posse de um carro particular. Logo, o contexto parisiense fez com que o consumidor precisava de um serviço de qualidade que atenda sua necessidade de mobilidade urbana.

4.4.2 Uma parceria pública-privada

O projeto Autolib' foi iniciado em julho de 2008, quando a cidade de Paris se juntou com 25 cidades da metrópole parisiense para criar o sindicato misto Autolib' (que mudou de nome em 2013 para Autolib' Métropole) e lançar uma licitação para escolher a empresa gerenciadora do projeto Autolib' (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a). O grupo Bolloré foi eleito entre 6 empresas como prestador de serviços para gerenciar a Autolib' até o ano de 2023 e assegurar um serviço público de mobilidade elétrica para os parisienses e os habitantes das cidades participantes do projeto. Cabe destacar que Bolloré foi escolhido na época porque foi a única empresa propondo uma solução verticalmente integrada carregando o serviço Autolib' como um todo, desde o veículo⁸⁶ e a infraestrutura de recarga, até a contratação do serviço com o consumidor final (WEILLER, 2012).

Autolib' Métropole é um órgão público que gerencia e controla a delegação do serviço público à empresa Autolib'. Funcionando da mesma forma que uma coletividade territorial, Autolib' Métropole é constituído de 3 instancias distintas: o comitê sindical, o bureau e o comitê de acompanhamento⁸⁷ (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a). Desde o início do projeto

⁸⁶ Bolloré criou um primeiro *joint-venture* com Pininfarina para elaborar o design do seu veículo elétrico Bluecar e um segundo com Cecom para a fabricação do mesmo. KAPLAN (2011) afirma que a empresa Bolloré gastou cerca de € 1 bilhão em P&D no desenvolvimento do Bluecar.

⁸⁷ De acordo com AUTOLIB' METROPOLE (2014a), o comitê sindical é o órgão deliberativo da Autolib' Métropole, intervindo nas questões relativas ao *budget*, à adesão de novas prefeituras no projeto, à instalação de novas estações de recarga e às convenções sobre o desenvolvimento do projeto. O bureau é uma instancia menor que o comitê sindical e estatua sobre casos de menor importância. Por sua vez, o comitê de acompanhamento

em 2008, o sindicato misto Autolib' Métropole está em constante crescimento, tendo atualmente 59 prefeituras da região metropolitana de Paris participando dessa entidade.

As estimações econômicas da época mostraram que o financiamento necessário ao desdobramento do projeto Autolib' ficaria em torno de € 180 milhões, cujo valor seria dividido entre o governo francês, o sindicato misto Autolib' Métropole e o operador de mobilidade elétrica Autolib', conforme resumido na Tabela 2. Dessa forma, os investimentos públicos nesse projeto seriam repartidos entre o sindicato misto de um lado (reagrupando os municípios da metrópole parisiense) e o governo francês por outro lado (CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, 2011).

Tabela 2: Financiamento do projeto Autolib'

		Autolib' Métropole	Autolib' (Bolloré)	Governo Francês
Veículos	Número de veículos elétricos		3000	
	Investimento por veículo		35 k€	5 k€
	Custo total		105 M€	15 M€
Infraestruturas de Recarga	Número de estações de recarga		1000	
	Custo unitário	50 k€	10 k€	
	Custo total	50 M€	10 M€	
TOTAL (M€)		50 M€	115 M€	15 M€

Fonte: CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE (2011).

Primeiro, o custo do Bluecar foi estimado na época entre € 32,5 mil e € 35 mil. O governo francês ofereceu um subsídio de € 5 mil para cada veículo elétrico do projeto, o que representou no total uma ajuda de € 15 milhões para os 3000 carros da rede. Os outros € 105

reuni os representantes da Autolib' Métropole e da empresa Autolib' e pretende facilitar as trocas de informações entre as duas entidades para assegurar que os compromissos assinados estão sendo cumpridos.

milhões necessários ao financiamento dos carros elétricos foram investidos pela própria Autolib' (CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, 2011).

Em seguida, o CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE (2011) afirma que Autolib' Métropole concentrou sua participação no financiamento das estações de recarga de veículos elétricos, com um limite de € 50 mil por estação de recarga, ou seja, € 50 milhões para as 1000 estações da rede⁸⁸. Contudo, Autolib' Métropole não ia financiar a totalidade dos postos de recargas, pois o custo unitário das estações foi estimado em torno de € 60 mil. Sendo assim, Autolib' financiou os últimos € 10 milhões necessários à instalação da infraestrutura de recarga, conforme apresentado na Tabela 2.

Em 2011 foi estimado que, para atingir a rentabilidade econômica, Autolib' precisaria convencer cerca de 200 mil pessoas a contratar um plano e, ao mesmo tempo, que cada carro do projeto necessitaria funcionar cerca de 7 horas por dia. Segundo o CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE (2011), essas previsões eram otimistas, dado que uma utilização diária por carro de 7 horas é relativamente elevada e que os custos de funcionamento – estimados em torno de € 80 milhões por ano – poderiam subestimar as degradações eventuais dos carros e outros custos imprevistos.

Constata-se que, em 2014, depois de 3 anos de funcionamento da Autolib', os resultados apontados pelo Autolib' Métropole são positivos e promissores. Assim, com os dados de Novembro de 2014, são cerca de 70 mil usuários ativos, incluindo 65 mil usuários utilizando o plano anual⁸⁹ (AUTOLIB' METROPOLE, 2014b). Foram também realizadas cerca de 7,3 milhões de locações desde o início do programa. O serviço de *car-sharing* continua crescendo e já possui mais de 2000 veículos em serviço, além de 800 estações de recarga instaladas. Neste contexto, o sucesso deste modelo está se exportando em outras cidades francesas (Lyon, Bordeaux) e as ambições do grupo Bolloré estão aumentando. Cabe

⁸⁸ Na época, foram planejadas 1000 estações de recarga, onde cada estação contaria entre 4 e 6 pontos de recarga lenta (de 3 kW). Além desses pontos de recarga, uma estação de recarga Autolib' inclui um terminal eletrônico de comunicação com o consumidor, e em alguns casos uma loja "espaço AutoLib" com a presença de um agente da empresa.

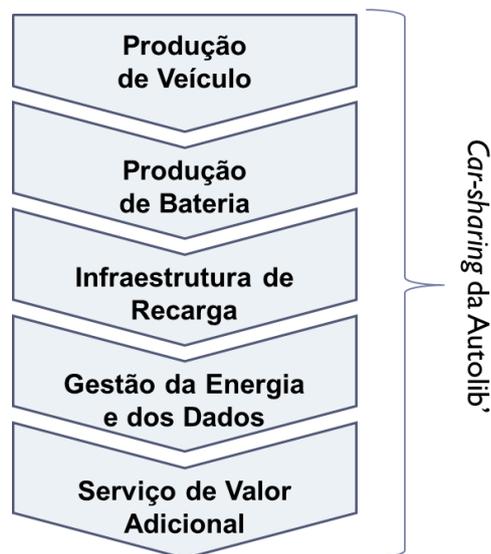
⁸⁹ Anota-se que no final de 2013, Autolib' Métropole estimava apenas 39 mil usuários ativos (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a).

destacar que o grupo quer exportar suas competências fora das fronteiras francesas, dado que o projeto já interessa outras cidades do mundo⁹⁰.

4.4.3 Análise do modelo de negócios da Autolib'

O modelo de negócios desenvolvido pela Autolib' foi elaborado em cima de um modelo de mercado “mobilidade elétrica independente”, onde o provedor de serviço de mobilidade instala e opera sua rede de recarga, independentemente da distribuidora, além de gerenciar a venda de energia para a mobilidade elétrica. A mobilidade elétrica se torna então uma iniciativa privada onde o investidor desenvolve sua própria rede de recarga. Contudo, é preciso ressaltar que a Autolib' vai além do mero provedor de serviço, dado que sua proposta de valor integra o veículo (junto com a bateria), o estacionamento e a recarga do mesmo, assim que alguns serviços a mais (seguro, manutenção e reparações, informações sobre a localização dos postos, etc...). A proposta de valor da Autolib' está sintetizada na Figura 12.

Figura 12: Proposta de valor da Autolib'



Fonte: Elaboração própria.

⁹⁰ Conforme KAPLAN (2011), é evidente que Bolloré não contava apenas com o projeto parisiense para amortizar seus investimentos, mas iniciou esse projeto piloto vislumbrando novos contratos. Nesses sentidos, o industrial esperava quebrar as barreiras psicológicas e técnicas ligadas à introdução do carro elétrico no mercado.

O argumento central na proposta de valor é oferecer um serviço de *car-sharing* para o consumidor (seja particular ou profissional), com vistas a tornar a mobilidade um serviço bem mais econômico e prático que a própria posse de um carro particular. Sendo que Autolib' é uma empresa verticalmente integrada, a proposta de valor já inclui o veículo, o estacionamento (que vem junto com a infraestrutura de recarga) e o serviço de comercialização da mobilidade. Portanto, o consumidor pode usufruir de uma rede densa de estacionamentos para seu veículo compartilhado (1000 estações de recarga espalhadas através da metrópole parisiense, com uma média de 6 estacionamentos por estação de recarga). Isso represente uma vantagem consequente dentro de uma cidade onde um dos maiores desafios é conseguir uma vaga de estacionamento (KAPLAN, 2011).

O veículo elétrico (chamado de Bluecar) produzido junto com a bateria por Bolloré é um modelo de 4 lugares, cuja velocidade máxima é de 130 km/h e possui uma aceleração de 0 até 60 km/h em cerca de 6 segundos (KAPLAN, 2011). A bateria deste veículo é de 30 kWh, o que daria aproximadamente 250 km de autonomia em condições urbanas, segundo os dados da empresa. O Bluecar é equipado de um computador interno incluindo um sistema GPS, com o objetivo de indicar ao consumidor as estações de recarga disponíveis na metrópole parisiense.

O veículo pode ser arrendado pelo site da empresa, pelos aplicativos ou diretamente a partir das 1000 estações de recarga. As estações de recarga ficam repartidas entre Paris (cerca de 700 estações) e a região metropolitana (cerca de 300 estações). As estações de recarga são instaladas de tal forma que a distância entre duas estações varia entre 500 e 1000 metros (KAPLAN, 2011). Cada estação de recarga possui um terminal eletrônico indicando a disponibilidade dos veículos além do estado dos carros estacionados na estação. Além disso, foi planejada a instalação de 75 espaços Autolib' com a presença física de um agente para ajudar os consumidores do serviço.

A contratação do serviço de *car-sharing* é flexível, incluindo um valor fixo além de uma componente variável função do tempo de uso do veículo⁹¹. Assim, os particulares têm a possibilidade de contratar um plano anual cujo valor é de € 120 (€ 10 por mês), um plano mensal de € 25, um plano semanal de € 10, ou podem também assinar um plano diário cuja assinatura é grátis (AUTOLIB', 2014). A componente variável depende do tempo de uso do

⁹¹ A contratação do serviço da Autolib' pode ser realizada através de vários planos (anual, mensal e também diário). De acordo com WEILLER (2012), o valor assinado inclui a energia assim que outros custos: manutenção do veículo, seguro, reparação e estacionamento.

veículo e este valor difere em função do plano escolhido. Os diferentes valores dos componentes fixos e variáveis são resumidos na Tabela 3.

Tabela 3: Os planos da Autolib' para os particulares

Planos	Anual	Mensal	Semanal	Diário
Valor Fixo	€ 120/ano	€ 25/mês	€ 10/semana	€ 0
Tarifa de uso	€ 0,18/min	€ 0,21/min	€ 0,23/min	€ 0,30/min

Fonte: AUTOLIB' (2014).

Em paralelo, Autolib' propõe também o serviço Autolib' Pro para os clientes profissionais. Uma empresa contrata a Autolib' para um determinado número de usuários da rede (entre 10 e 200, dependendo do plano) e escolhe o número de horas de uso mensal do serviço (variando entre 25 horas/mês e 2000 horas/mês). No final de 2013, este serviço profissional já contava mais de 780 clientes (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a). O sucesso do Autolib' Pro está se confirmando, na medida em que o número de clientes dobrou entre 2012 e 2013. Os diversos planos do serviço Autolib' Pro estão sintetizados na Tabela 4.

Tabela 4: Custos mensais dos planos Autolib' Pro

	25 horas/mês	50 horas/mês	100 horas/mês	200 horas/mês	500 horas/mês	1000 horas/mês	2000 horas/mês
10 utilizadores	€ 280	€ 550					
50 utilizadores			€ 1090	€ 2150	€ 5150		
200 utilizadores						€ 10000	€ 19500

Fonte: AUTOLIB' 2014.

Além das duas ofertas de *car-sharing*, que representam o foco principal da empresa, uma terceira opção é a de contratar um serviço de recarga de veículo elétrico, usufruindo da

rede densa de postos de recarga disponíveis na cidade francesa⁹². Esta oferta abrange os particulares e os profissionais, e não se restringe aos carros elétricos, mas inclui também as motocicletas elétricas (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a)⁹³. O plano fixo anual da recarga do veículo elétrico é de € 15, ao qual se deve adicionar o custo da recarga, que é de € 1/hora (AUTOLIB', 2014)⁹⁴.

A noção de serviço público tem um peso preponderante no modelo de *car-sharing* francês. O sindicato misto Autolib' Métropole pretende continuar melhorando a qualidade do serviço proposto, torná-lo cada vez mais acessível e abordável para todos seus utilizadores particulares e profissionais. Neste sentido, o sindicato misto trabalhou junto com a empresa Autolib' ao longo de 2013 para facilitar as modalidades de contratação. Dentro das melhorias contratuais adicionadas em 2013⁹⁵, destaca-se a implementação de uma “contratação coletiva” inovadora, onde um conjunto de até 4 (quatro) utilizadores tem a possibilidade de assinar um contrato de 8h de locação.

4.4.4 O potencial tecnológico do serviço de mobilidade

No modelo de negócios da Autolib', a economia gerada pelo compartilhamento do carro comparativamente à posse de um veículo particular representa um forte argumento na proposta de valor. Contudo, WEILLER (2012) argumenta que os maiores benefícios desse serviço se encontram nas funcionalidades tecnológicas que valorizam a proposta de valor, tanto nas infraestruturas de recarga, como nos softwares ou no gerenciamento da energia dos veículos. Uma outra grande fonte a ser explorada está nos dados de comportamento dos usuários da rede.

⁹² De acordo com AUTOLIB' METROPOLE (2014a), a rede da Autolib' é a mais densa do mundo.

⁹³ Em 2014, Autolib' pretendia instalar entre 200 e 300 postos de recarga a mais na região metropolitana parisiense para atender a crescente demanda para este serviço de recarga.

⁹⁴ Para os carros elétricos, Autolib' incentiva a recarga de noite entre as 20h e as 8h, pois a tarifa máxima a ser cobrada neste horário é de € 4. Para as motocicletas elétricas, entre as 8h e as 20h as duas primeiras horas de recarga são grátis e entre as 20h e as 8h as quatro primeiras horas de recarga são grátis.

⁹⁵ Desde 2013, os utilizadores têm a possibilidade de usar o serviço de *car-sharing* durante um dia pagando apenas pela locação do veículo, sem assinatura com a empresa. Por outro lado, os preços das assinaturas semanais, mensais e anuais diminuíram, compensados por um aumento razoável do preço da locação (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a).

Assim, já é possível planejar sua viagem inteira com o sistema da Autolib'. É possível alugar o veículo com seu smartphone e antecipar a locação do estacionamento de chegada. Neste sentido, através da criação de um serviço de *car sharing* dedicado ao carro elétrico, Autolib' estimulou a inovação na cadeia dos fornecedores e criou um negócio dinâmico ao redor do veículo elétrico. Por exemplo, hoje em dia a reserva dos veículos não se realiza apenas no posto de recarga, mas é possível através de 5 modos diferentes: site, aplicativo de smartphone, telefone, no posto de recarga ou diretamente no próprio veículo (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a)⁹⁶.

Uma série de serviços adicionais estão se somando na medida em que os usuários estão se apropriando os veículos compartilhados da Autolib'. Anota-se por exemplo a aparição em 2013 do sistema "estação favorita" que indica em prioridade ao cliente as estações que ele costuma utilizar (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a)⁹⁷. Uma outra ferramenta inovadora foi elaborada nos últimos meses para melhorar a regulação dos veículos entre as estações. Com o objetivo de realocar os carros da forma mais econômica possível, Autolib' oferece agora um trajeto de graça entre uma estação sobrecarregada em veículos e uma estação deficitária⁹⁸. As duas iniciativas listadas neste parágrafo participam da melhoria da qualidade do serviço, além da fidelização do cliente.

Em paralelo dessas inovações tecnológicas, outras iniciativas traduzem a dinâmica deste serviço e a verdadeira vontade de desenvolver um serviço público de compartilhamento de veículos elétricos de qualidade. Dessa forma, a base de dados utilizada pela Autolib' Métropole para elaborar seus relatórios anuais e avaliar o desempenho do programa foi disponibilizada online, com o objetivo de melhorar o acesso das informações relativas ao serviço Autolib' (AUTOLIB' METROPOLE, 2014a)⁹⁹.

De todo modo, Autolib' deixou de ser um mero sistema de compartilhamento de veículos e se torna cada vez mais um operador de mobilidade. Um paralelo pode ser elaborado entre, por um lado, o operador de mobilidade e o operador de telecomunicações

⁹⁶ Estima-se que 70% das reservas são efetuadas através dos aplicativos, 16% no próprio veículo, 9% no site internet da empresa, 3% por telefone e 2% na estação de recarga.

⁹⁷ Autolib' Métropole não indica se este serviço implica um custo a mais para o consumidor.

⁹⁸ AUTOLIB' METROPOLE (2014a) estima que cerca de 2700 veículos são realocados dessa forma a cada semana.

⁹⁹ Os dados utilizados nos relatórios da Autolib' Métropole estão disponíveis no site : http://opendata.paris.fr/explore/dataset/stations_et_espaces_autolib_de_la_metropole_parisienne/?tab=table

(que são empresas integradas possuindo as infraestruturas além dos softwares), e por outro lado a montadora de veículos elétricos e os fabricantes de celulares (ANDERSEN *et al*, 2009). Os planos propostos no modelo da Autolib' se tornam parecidos com os planos de telefonia, dado que o serviço de mobilidade proposto inclui um valor fixo ao qual se adiciona custos extras pelo tempo de uso. Desta forma, WEILLER (2012) afirma que, de maneira analógica às ofertas de telecomunicação móvel, o cliente de um serviço de mobilidade pode esperar uma oferta integrada de serviços para se deslocar (operação e manutenção, combustível, seguro, GPS, pós-venda).

Considerando a crescente expansão da mobilidade como um serviço, pode se imaginar que o negócio lucrativo da mobilidade não será tanto na venda de equipamentos de recarga ou na produção de veículos, mas sim no desenvolvimento de softwares especializados na mobilidade (WEILLER, 2012). Por exemplo, pode se imaginar a emergência de aplicativos dedicados ao monitoramento dos custos e receitas ligados ao veículo elétrico, otimizando o ciclo de vida da bateria. Por outro lado, em mercados onde se prevê a instauração de tarifas de energia elétrica horárias, um negócio atrativo para os possuidores de veículos elétricos pode ser no controle da recarga dos veículos elétricos em função do preço da energia. Todas essas funções vão além do quadro desenvolvido pela Autolib' em Paris, mas faz parte do conceito de mobilidade como um serviço.

Para concluir, cabe enfatizar que os dados coletados sobre o perfil de consumo dos usuários de veículos elétricos representam um valor a ser explorado, ainda mais nessa fase inicial da eletrificação veicular. As bases de dados são ferramentas valiosas para entender os comportamentos da demanda, da recarga e da condução dos usuários. Esses dados direcionarão a futura criação de novos modelos de negócios dedicados à mobilidade elétrica (pagamento do serviço de mobilidade, otimização dos trajetos, venda de energia). De acordo com WEILLER (2012), o *big data*¹⁰⁰ está tendo um papel cada vez mais importante na economia digital, como fonte de valor e benefício nos modelos de negócios orientados para o serviço. Por ter entrado logo no início da eletrificação veicular, os provedores de serviço como Bolloré estão capturando uma vantagem consequente sobre o perfil de consumo dos usuários e têm a oportunidade de desenvolver logo produtos dedicados ao serviço de mobilidade que responderão perfeitamente às expectativas do consumidor. Dessa forma, o

¹⁰⁰ Na literatura, o *big data* designa um conjunto massivo de dados, que pode ser dificilmente tratado pelas ferramentas clássicas de tratamento dos dados.

serviço de mobilidade ainda se encontra na fase inicial do seu desenvolvimento e pode representar uma grande oportunidade para os provedores de serviço.

CONCLUSÃO

Esta dissertação teve por objetivo principal avaliar a implementação de modelos de negócios inovadores dedicados ao veículo elétrico (híbrido *plug-in* e elétrico puro) que possam fomentar o desenvolvimento da eletrificação veicular e contestar a hegemonia do veículo de combustão interna na indústria automobilística. Para tal, foi estudado no primeiro capítulo o conceito de aprisionamento de um sistema tecnológico em uma determinada tecnologia. Foi constatado que os condicionantes do aprisionamento vão além do mero quadro tecnológico e envolvem uma série de fatores econômicos, políticos e sociais. Uma vez o design dominante estabelecido e reforçado por fatores externos, a indústria segue a trajetória tecnológica conceitualizada por DOSI (1982), gerando barreiras de entrada para as alternativas tecnológicas.

Este quadro teórico foi aplicado no segundo capítulo ao caso da indústria automobilística. Conforme o que foi examinado, a indústria automobilística está aprisionada no veículo de combustão interna desde o início do século XX. O segundo capítulo ressaltou que a vitória do veículo de combustão interna não resultou apenas de fatores tecnológicos, mas também foi influenciada por vetores econômicos e políticos, confirmando os conceitos apresentados no início do trabalho. Constatou-se que o veículo elétrico não conseguiu superar as barreiras de entrada do mercado para disputar a posição dominante do veículo de combustão interna ao longo do século XX e sofreu da pressão da indústria automobilística tradicional. Isso colocou o veículo elétrico em uma posição desfavorável no final da década de 90.

O terceiro capítulo teve por objetivo específico avaliar a evolução do panorama tecnológico na indústria automobilística através da teoria MLP desenvolvida por GEELS (2004, 2012). A abordagem MLP apresenta uma perspectiva inovadora para analisar as transições sócio técnicas, na medida em que ela avalia por um lado os condicionantes do aprisionamento dos sistemas tecnológicos, e por outro lado revela os elementos que caracterizam o início de uma mudança tecnológica. A aplicação dessa abordagem dinâmica no terceiro capítulo revelou que o panorama político mundial evoluiu nos últimos anos e está priorizando as ações de mitigação das emissões de gases de efeito de estufa, especificamente desde 1997 e a ratificação do protocolo de Kyoto. Dessa forma, o UNFCCC é o símbolo da crescente conscientização mundial à respeito das mudanças climáticas, sendo um acordo que

reagrupa 195 países e coordena as iniciativas internacionais de luta contra o aquecimento global.

Neste sentido, as políticas especificamente direcionadas ao financiamento e desenvolvimento de tecnologias menos intensivas em carbono complementam as iniciativas internacionais de metas de redução das emissões de gases de efeito de estufa. Assim, foi argumentado no terceiro capítulo que padrões mais restritivos de eficiência energética veicular estão sendo implementados nos maiores mercados automobilísticos do mundo, buscando uma redução drástica das emissões do transporte rodoviário no médio prazo, tanto nos países desenvolvidos como nos países emergentes. Contudo, embora as políticas de mitigação das emissões de gases de efeito de estufa estejam ganhando destaque nos últimos anos, as evidências apontam que o motor de combustão interna ainda focaliza o interesse industrial e econômico. Além desses elementos, o regime automobilístico abrange uma série de fatores culturais, institucionais e regulatórios constituindo outras barreiras que freiam a disseminação das alternativas tecnológicas.

Tendo essa contextualização, a última seção do terceiro capítulo examinou o desdobramento atual da eletrificação veicular. Foi argumentado que os investimentos nos modelos elétricos estão se ampliando nos últimos anos, direcionados principalmente em P&D, incentivos fiscais e infraestruturas de recargas. O objetivo de curto prazo é reduzir as perspectivas negativas dos consumidores em relação ao veículo elétrico, tornando o mesmo mais barato e instalando uma rede de recarga suficiente para assegurar o abastecimento. Já no longo prazo o objetivo principal é desenvolver as tecnologias de baterias para reduzir o custo do veículo e aumentar sua competitividade no mercado. Em paralelo, a crescente participação do veículo elétrico híbrido na frota mundial (mais especificamente nos EUA e no Japão) é um segundo sinal positivo para a mobilidade elétrica. A multiplicação dos modelos híbridos participa da difusão tecnológica dos modelos elétricos no mercado, tornando-o portador da eletrificação veicular no século XXI. Dessa forma, o veículo elétrico está passando por um *momentum* positivo, se beneficiando da mudança de panorama sócio técnico que vem priorizando tecnologias menos intensivas em carbono no setor de transportes.

Os elementos destacados ao longo dos três primeiros capítulos evidenciaram que o regime automobilístico, aprisionado há mais de 100 anos no veículo de combustão interna, está iniciando uma lenta transição para uma mobilidade mais sustentável. Contudo, essa transição não responde por mera lógica de mercado, dado que o preço, a autonomia e a falta de infraestrutura de recarga freiam o desenvolvimento do veículo elétrico. Desta forma, a ação

do setor público é fundamental para garantir a competitividade do veículo elétrico nessa fase inicial de difusão tecnológica.

O quarto capítulo teve por objetivo destacar os modelos de negócios que favoreçam o desenvolvimento da eletrificação veicular. Procurou-se evidenciar que o modelo de negócios tradicional aplicado na indústria automobilística, cujo objetivo é a venda do produto final (o veículo), não pode ser aplicado para o veículo elétrico. O estudo argumentou que, sem uma proposta de valor inovadora para o consumidor final, o veículo elétrico aparece apenas como uma alternativa mais cara e tendo uma autonomia menor que o veículo tradicional. Assim, para tornar o veículo elétrico uma alternativa tecnologicamente viável, os agentes precisam desenvolver modelos de negócios mais focados nos serviços de mobilidade (extensão da utilização do veículo, melhor utilização da capacidade do mesmo, segundo uso das baterias).

Com o objetivo de sistematizar os modelos de negócios passíveis de ser implementados na mobilidade elétrica, o quarto capítulo esboçou a cadeia de valor da mobilidade elétrica. Entre outros, os modelos de negócios focados nas infraestruturas de recarga, na gestão das informações do veículo (transmissão de dados energéticos e de localização) e nos serviços adicionais (modelos *car sharing*) constituem grandes oportunidades de negócios para os agentes da indústria, utilizando as características específicas do veículo elétrico para criar valor acrescentado ao consumidor.

Em seguida, foi argumentado que o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga de veículos elétricos constitui um novo paradigma no setor de transportes, dado que a mesma promove um serviço de mobilidade. Constatou-se que o papel do setor público é fundamental nessas etapas iniciais de estruturação das redes de recarga, tanto no investimento dos eletropostos, como na elaboração de um quadro regulatório consistente. Dessa forma, a elaboração de um modelo de mercado definindo os atores da recarga de veículos elétricos e delimitando as interações entre os mesmos constitui um fator condicionante do sucesso da implantação de veículos elétricos. Além disso, foi argumentado que a elaboração de um modelo de mercado se revela necessário para a futura implementação de modelos de negócios, dado que este último é dependente do quadro regulatório vigente. O estudo de caso de Portugal ilustrou a iniciativa do governo português na estruturação de um modelo de mercado para a recarga de veículos elétricos a nível nacional. Desde 2009, Portugal está investindo na implementação de uma rede nacional de recarga de veículos elétricos, vislumbrando a instalação de 1350 postos de recarga. Isso resultou no desenvolvimento de um

quadro regulatório para a recarga pública de veículos elétricos e na criação de um *cluster* tecnológico para a mobilidade elétrica, tornando o país referência nesta área.

Por fim, o trabalho se encerrou com a análise do serviço de mobilidade elétrica, através do estudo de caso da Autolib', modelo *car sharing* implementado na capital francesa desde 2011. O objetivo específico de tal seção foi avaliar como um modelo inovador baseado no serviço de mobilidade pode cumprir o requisito de deslocamento particular. Constatou-se que este serviço de mobilidade veio suprir uma necessidade local e soube usufruir das características técnicas do veículo elétrico para complementar a oferta de transporte na região metropolitana de Paris. Além disso, o serviço *car sharing* Autolib' vai além da mera oferta de deslocamento particular e estimula a cadeia de fornecedores, na medida em que uma série de serviços tecnológicos está se adicionando e complementando a proposta de valor inicial (aplicativos de locação, gestão do consumo, realocação do veículo, etc...). No futuro, esses serviços adicionais se tornarão chaves para convencer o consumidor na hora da compra. Assim, o veículo deixará de ser o elemento central do modelo de negócios e se tornará o meio pelo qual se cumpre o objetivo de mobilidade.

Esta dissertação constitui apenas um ponto de partida para futuras pesquisas relacionadas com este tema complexo e desafiador. Os próximos parágrafos resumem as recomendações de pesquisas para aprofundar o estudo sobre a mobilidade elétrica. No curto prazo, recomenda-se estudar a atratividade financeira da recarga de veículos elétricos, de maneira quantitativa. Este estudo seria uma ferramenta a mais de avaliação da viabilidade econômica da mobilidade elétrica como negócio. A proposta para um futuro trabalho seria de elaborar cenários de penetração de veículos elétricos na frota de um determinado mercado, para analisar em um segundo tempo as necessidades em termos de infraestruturas de recarga. Assim, abordando a ótica de um investidor ou de uma empresa de energia, o objetivo seria examinar a atratividade da mobilidade elétrica como negócio inovador.

Além disso, o trabalho desenvolvido enfatizou a correlação direta entre o modelo de mercado a ser implementado para a recarga de veículos elétricos e a regulação do setor elétrico vigente. De fato, o caráter mais ou menos regulado de um setor elétrico abre oportunidades diferentes para os modelos de mercados passíveis de ser implantados, conforme apresentado na seção 4.2.1. Sendo assim, se torna necessário efetuar um estado da arte dos modelos de mercado implementados através do mundo e analisar na prática o efeito da regulação do setor elétrico sobre o modelo de mercado elaborado, da mesma forma que foi estudado no caso de Portugal na seção 4.3.

Em complemento, a questão do serviço como foco da mobilidade elétrica é um tema central e precisa ser estudado com mais atenção. Dessa forma, seria interessante avaliar a complementaridade entre a mobilidade elétrica e os softwares oferecendo serviços de telefonia, localização ou gestão de consumo do veículo. Como foi argumentado ao longo deste estudo, na medida em que o veículo elétrico tem uma conexão privilegiada com a rede elétrica, a multiplicação dos serviços dedicados aos veículos elétricos constituirá um argumento de venda chave no futuro. Neste sentido, o estudo deveria enfatizar a questão do comportamento de uso dos consumidores com seu veículo elétrico, dado que essas informações são essenciais para elaborar propostas de valor centradas nas expectativas do consumidor.

No longo prazo, vários estudos apontam o veículo elétrico como fornecedor de energia para o sistema elétrico. Contudo, isso será apenas possível com a instalação em larga escala de redes elétricas inteligentes, capazes de suportar a bidireccionalidade das informações energéticas entre o consumidor e a rede. No futuro, o consumidor residencial deixará de ser um mero consumidor de energia para se tornar um agente ativo do setor elétrico, consumindo energia da rede em horas de baixo consumo e abastecendo a rede com seu veículo em horas de pico. Para isso ocorrer, será necessário implementar tarifas horárias de energia elétrica, incentivando uma gestão inteligente da energia elétrica. Neste caso, a ideia seria avaliar com o possível benefício que possa representar o veículo elétrico para o sistema como um todo, estimando o impacto positivo em termo de redução de demanda.

Por fim, uma outra proposta seria estudar a questão da complementaridade entre as fontes renováveis intermitentes e o veículo elétrico, na medida em que a massificação das redes inteligentes favoreça uma visão integrada do sistema energético. Dessa maneira, o veículo elétrico agiria como um *buffer* de energia, armazenando a energia produzida em excesso pelas fontes intermitentes em horários de baixo consumo e redistribuindo a mesma quando o sistema elétrico estiver precisando. Na verdade, esta complementaridade entre fontes intermitentes e veículo elétrico constituirá mais um desafio para o setor elétrico, dado que essa visão inovadora marca uma ruptura de paradigma tecnológico no setor energético, que atualmente está aprisionado na produção centralizada de energia elétrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNATHY, W. J., UTTERBACK, J. M., *Patterns of industrial innovation*, Technology Review (80), pp. 40-47, 1978.

AFUAH A., *Business Models: A Strategic Management Approach*, McGraw-Hill/Irwin, Boston, 2004.

AFUAH A., *Business Model Innovation: Concepts, Analysis and Cases*, Routledge, New-York, 2014.

ANDERSEN P. H., MATHEWS J. A., RASK M., *Integrating private transport into renewable energy policy: The strategy of creating intelligent recharging grids for electric vehicles*, Energy Policy (37), pp. 2481–2486, 2009.

ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, *Anuário da indústria automobilística brasileira*, ANFAVEA, São Paulo, 2014.

ARTHUR W. B., *Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events*, The Economic Journal (394), pp. 116-131, 1989.

AUTOLIB' METROPOLE, *Autolib' métropole trace son chemin – Rapport d'activité 2013*, Paris, 2014a.

AUTOLIB' METROPOLE, *Tableau de bord Autolib' – Données arrêtées au dimanche 30 Novembre 2014*, Paris, 2014b.

AUTOLIB', *Offres et tarifs*, Disponível em: <
https://www.autolib.eu/subscribe/offer_choice_session/>, Acesso em: 8 de dezembro de 2014.

BARAN R., *A introdução de veículos elétricos no Brasil: Avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade*, Tese de D.Sc, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Setembro de 2012.

BARAN R., LEGEY L.F., *Veículos elétricos: História e perspectivas no Brasil*, BNDES Setorial (33), pp. 207-244, 2010.

BOHNSACK R., PINKSE J., KOLK A., *Business models for sustainable technologies: exploring business model evolution in the case of electric vehicles*, Research Policy (43), pp. 284-300, 2014.

BOLTZ W., *The challenges of electricity market regulation in the European Union*, Evolution of Global Electricity Markets – New Paradigms, New Challenges, New Approaches, Elsevier, London, 2013.

BORBA B., *Modelagem integrada da introdução de veículos leves conectáveis à rede elétrica no sistema energético brasileiro*, Tese de D.Sc, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Março de 2012.

BORDEN E. J., BOSKE L. B., *Electric vehicles and public charging infrastructure: Impediments and opportunities for success in the United States*, Center For Transportation Research, Austin, Julho de 2013.

BUDDE CHRISTENSEN T., WEELS P., CIPCIGAN L., *Can innovative business models overcome resistance to electric vehicles? Better place and battery electric cars in Denmark*, Energy Policy (48), 498-505, 2012.

BULLIS K., *Will fast charging make electric vehicles practical?*, Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/news/429283/will-fast-charging-make-electric-vehicles-practical/>>, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, *La voiture de demain: carburants et électricité – Développement durable*, Rapports & Documents n° 37, La documentation Française, 2011.

CHAN C. C., CHAU K. T., *Modern electric vehicle technology*, Oxford Science Publications, Nova York, 2001.

COWAN R., *Nuclear power reactors: A study in technological lock-in*, The Journal of Economic History (50), pp. 541-567, 1990.

COWAN R., HULTÉN S., *Escaping lock-in: The case of the electric vehicle*, Technological Forecasting and Social Change (53), pp. 61-79, 1996.

DIJK M., ORSATO R. J., KEMP R., *The emergence of an electric mobility trajectory*, Energy Policy (52), pp. 135-145, 2013.

DOSI G., *Technological paradigms and technological trajectories*, Research Policy (11), pp. 441-454, 1982.

EC, Electrification Coalition, *Electrification Roadmap: Revolutionizing Transportation and achieving Energy Security*, Electrification Coalition, United States, 2009.

EDP. *Horários Baixa Tensão Normal*. Disponível em: <
<http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/horarios/Pages/HorariosBTN.aspx>>.
 Acesso em: 29 de agosto de 2013.

EDP. *Tarifas Baixa Tensão Normal até 20,7 kVA*. Disponível em: <
<http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/BTN/Pages/TarifasBTNate20.7kVA.aspx>>.
 Acesso em: 30 de agosto de 2013.

EGBUE O., LONG S., *Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions*, Energy Policy (48), pp. 717–729, 2012.

ETEC, Electrification Coalition, *Electrification Roadmap – Revolutionizing transportation and achieving energy security*, Electrification Coalition, Washington, 2009.

ERSE, *Regulamento Tarifário do Setor Elétrico*, Disponível em: <
http://www.erse.pt/pt/electricidade/regulamentos/tarifario/Documents/RT%20SE_Articulado_vs%20Internet.pdf>, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

ERSE, *Regulamento n.º 464/2011*, Disponível em: <
http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/Regulamento_464_2011_ERSE.pdf>, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

EURELECTRIC, *Market models for the roll-out of electric vehicle public charging infrastructure*, Union of the Electricity Industry – EURELECTRIC, Brussels, 2010.

EURELECTRIC, *Deploying publicly accessible charging infrastructure for electric vehicles: how to organize the market?*, Union of the Electricity Industry – EURELECTRIC, Brussels, 2013.

FRERY F., *Un cas d'amnésie stratégique: L'éternelle émergence de la voiture électrique*, IX Conférence Internationale de Management Stratégique, Montpellier, 25 Maio de 2000.

FREUND P., MARTING G., *Driving South: The globalization of auto consumption and its social organization of space*, Montclair State University, EUA, 1999.

GEELS F.W., *Understanding system innovations: A critical literature review and a conceptual analysis*, Theoretical explorations of transitions, Edward Elgar Publishing, pp.19-47, EUA, 2004.

GEELS F.W., *A socio-technical analysis of low-carbon transitions: Introducing the multi-level perspective into transport studies*, Journal of Transport Geography (24), pp. 471-482, 2012.

GESEL, *Workshop 4 - Mobilidade Elétrica, A Energia na Cidade do Futuro*, pp. 1-12, 2013.

GIREVE, *Gireve Itinérance électrique – Pour une mobilité électrique sereine*, Disponível em: < <http://www.gireve.com/fr/index.html> >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

GONÇALVES R. N., *Estudo do impacto da introdução dos veículos elétricos nos preços de mercado e nos diagramas de carga*, FEUP, pp. 1-183, 2012.

HE Y., CHOWDHURY M., MA Y., PISU P., *Merging mobility and energy vision with hybrid electric vehicles and vehicle infrastructure integration*, Energy Policy (41), pp. 599–609, 2012.

ICCT, The International Council on Clean Transportation, *Passenger vehicle greenhouse gas and fuel economy standards: A global update*, ICCT, Washington DC, 2007.

ICCT, The International Council on Clean Transportation, *The state of clean transport policy – A 2014 synthesis of vehicle and fuel policy developments*, ICCT, Washington DC, 2014.

IEA, International Energy Agency, *Technology Roadmap – Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, IEA, Paris, 2011.

IEA, International Energy Agency, *Energy technology perspectives 2012 – Pathways to a clean energy system*, IEA, Paris, 2012.

IEA, International Energy Agency, *World Energy Outlook 2013*, IEA, Paris, 2013a.

IEA, International Energy Agency, *Global EV Outlook – Understanding the electric vehicle landscape to 2020*, IEA, Paris, 2013b.

IEA, International Energy Agency, *Energy technology perspectives 2014 – harnessing electricity's potential*, IEA, Paris, 2014.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014 – Synthesis report*, IPCC, Geneva, 2014a.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014 – Mitigation of climate change*, IPCC, Geneva, 2014b.

JAKLE J.A., *The American gasoline station, 1920 to 1970*, Journal of American Culture (3), v.1, Bowling Green, 1978.

JOHNSON M. W., CHRISTENSEN C. C., KAGERMANN H., *Reinventing your business model*, Harvard Business Review (86), pp. 50-59, 2008.

KAPLAN A. M., *Public marketing in the city of lights: Paris's innovative electrical car sharing program 'Autolib'*, Case Centre, Reference n°511-011-1, ESCP Europe Business School, Paris, 2011.

KEMP R., GEELS F. W., DUDLEY G., *Sustainability transitions in the automobility regime and the need for a new perspective*, Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport, Routledge, New-York, pp. 3-28, 2012.

KEMPTON W., TOMIC J., *Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy*, Journal of Power Sources (144), pp. 280–294, 2005.

KING J., *The King Review of low-carbon cars – Part I: the potential for CO2 reduction*, King Review, London, 2007.

KLEY F., LERCH C., DALLINGER D., *New business models for electric cars – A holistic approach*, Energy Policy (39), pp. 3392-3403, 2011.

MIDLER C., BEAUME R., *Project-based learning patterns for dominant design renewal: The case of the electric vehicle*, International Journal of Project Management (28), pp. 142-150, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Overcoming Barriers to Electric-Vehicle Deployment – Interim Report*, Washington DC: National Academy of Sciences, 2013.

NELSON R. R., WINTER S. G., *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge (MA): Bellknap Press, 1982.

NIEUWENHUIS P., WELLS P., *The automotive industry – A guide*, Cardiff, CAIR and BT, 2001.

OBERLING D. F., OBERMAIER M., SZKLO A., LA ROVERE E. L., *Investments of oil majors in liquid biofuels: The role of diversification, integration and technological lock-ins*, Biomass and Bioenergy (46), pp. 270-281, 2012.

ORSATO R. J., DIJK M., KEMP R., YARIME M., *The electrification of automobility – The bumpy ride of electric vehicles toward regime transition*, Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport, Routledge, New-York, pp. 205-228, 2012.

PORTUGAL, Gabinetes dos Secretários de Estado do Empreendedorismo, Competitividade e Inovação e da Energia, *Despacho n.º 9220/2013*, Disponível em: < http://www.pofc.qren.pt/ResourcesUser/2013/Legislacao/D_9220_2013.pdf >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Decreto-Lei n.º 39/2010*, Disponível em: < http://www.unic.pt/images/stories/publicacoes4/DL_39_2010.pdf >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Portaria n.º 456/2010*, Disponível em: < http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/P_456_2010_Comercializadores.pdf >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Portaria n.º 1201/2010*, Disponível em: < <http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/0538605388> >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Portaria n.º 1202/2010*, Disponível em: < <http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/0538805390.pdf> >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Portaria n.º 180/2011*, Disponível em: < <http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/Portaria180-2011.pdf> >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Presidência do Conselho de Ministros, *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009*, Disponível em: < <http://dre.pt/pdf1s/2009/02/03600/0116501167.pdf> >, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PORTUGAL, Presidência do Conselho de Ministros, *Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2009*, Disponível em: <http://www.mobie.pt/documents/10156/13306/RCM_81_2009.pdf>, Acesso em: 21 de setembro de 2013.

PEREZ Y., PETIT M., WILLET K., *A public policy strategies for electric vehicles and for vehicle to grid power*, EVS27 – International Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Barcelona, Spain, 17-20 de Novembro de 2013.

PETROBRAS, *Densidade e poderes caloríficos superiores*, Disponível em: <<http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/servicos/formulas-de-conversao/detalhe-formulas-de-conversao/densidade-e-poderes-calorificos-superiores.htm>>, Acesso em 29 de Julho de 2014.

REIO-UNIDO, Department for Transport, *Household car availability: Great Britain, 1951 to 2012*, Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/tsgb09-vehicles>>, Acesso em: 26 de Março de 2014.

ROLAND BERGER, *Workshop 4: Mobilidade elétrica – A energia em movimento*, P&D ANEEL: A energia na cidade do futuro, Documento de apoio ao Workshop nº4, Campinas, 4 de Outubro de 2013.

SAN ROMÁN T. G., MOMBER I., ABBAD M. R., MIRALLES A. S., *Regulatory framework and business models for charging plug-in electric vehicles: Infrastructure, agents, and commercial relationships*, Energy Policy (39), pp. 6360–6375, 2011.

SCHEY S., *The EV Project – Q1, 2013 Quarterly Report*, Disponível em: <<http://www.theevproject.com/cms-assets/documents/113177-646795.q1-2013-rpt.pdf>>, Acesso em 21 de setembro de 2013.

SCHOT J., HOOGMA R., ELZEN B., *Strategies for shifting technological systems: The case of the automobile system*, Futures (26), pp. 1060-1076, 1994.

SMITH C. B., *Análise da difusão de novas tecnologias automotivas em prol da eficiência energética na frota de novos veículos leves no Brasil*, Tese de D.Sc, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Outubro de 2010.

TEECE D. J., *Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy*, Research Policy (1986), pp. 285-305, 1986.

TEECE D. J., *Business models, business strategy and innovation*, Long Range Planning (43), pp. 172–194, 2010.

TIDD J., BESSANT J., *Managing Innovation: integrating technological, market and organizational change*, 5th Edition, Wiley, 2013.

UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, *Background on the UNFCCC: The international response to climate change*, Disponível em < http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php >, Acesso em: 22 de Janeiro de 2015.

UNRUH G.C., *Understanding carbon lock-in*, Energy Policy (28), pp. 817-830, 2000.

UTTERBACK, J. M., ABERNATHY, W. J., *A dynamic model of process and product innovation*, Omega (3), pp. 639-656, 1975.

WEILLER C., *E-mobility services – New economic models for transport in the digital economy*, Case study for research council UK Digital Economy Theme, Cambridge Service Alliance, University of Cambridge, 2012.

WEILLER C., NEELY A., *Business model design in an ecosystem context*, Cambridge Service Alliance, University of Cambridge, 2013.

WELLS P., *Sustainable business models and the automotive industry: A commentary*, IIMB Management Review (25), pp. 228-239, 2013.

WELLS P., NIEUWENHUIS P., ORSATO R.J., *The nature and causes of inertia in the automotive industry – regime stability and non-change*, Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport, Routledge, New-York, pp. 123-139, 2012.

WIEDERER A., PHILIP R., *Policy options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities*, Clinton Climate Initiative, 2010.

WIESENTHAL T., LEDUC G., CAZZOLA P., SCHADE W., KÖHLER J., *Mapping innovation in the European transport sector: An assessment of R&D efforts and priorities, institutional capacities, drivers and barriers to innovation*, Publications Office of the European Union JRC (63918), European Commission, 2011.

WILLS W., LA ROVERE E.L., *Light vehicle energy efficiency programs and their impact on Brazilian CO₂ emissions*, Energy Policy (38), pp. 6453-6462, 2010.

XU H., MIAO S., ZHANG C., SHI D., *Optimal placement of charging infrastructures for large-scale integration of pure electric vehicles into grid*, Electrical Power and Energy Systems (53), pp. 159–165, 2013.

ZIJLSTRA T., AVELINO F., *A socio-spatial perspective on the car regime*, *Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport*, Routledge, New-York, pp. 160-179, 2012.