

A EVOLUÇÃO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS SOB A ÓTICA DA PROPRIEDADE INTELLECTUAL: DO PIONEIRISMO DE TESLA E GURGEL À DISRUPÇÃO CONTEMPORÂNEA

ELECTRIC VEHICLE EVOLUTION THROUGH INTELLECTUAL PROPERTY:
FROM TESLA AND GURGEL'S PIONEERING TO CONTEMPORARY
DISRUPTION

Ciências Exatas e da Terra, Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas •

14/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789230374](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789230374)

Roberto Augusto Caracas Neto¹

Daniel Galvão de França Blaskiewicz²

Celso Luiz Salgueiro Lage³

Tecia Vieira Carvalho⁴

RESUMO

Os veículos elétricos (VEs) vivenciam uma transição frequentemente associada à inovação recente, embora sua trajetória remonte ao século XIX, marcada por ciclos de euforia e obsolescência. Este artigo analisa criticamente a evolução histórica dos VEs sob a ótica da Teoria da Propriedade Intelectual (PI), destacando as iniciativas pioneiras de Nikola Tesla e João Augusto Conrado do Amaral Gurgel. Mediante abordagem qualitativa, exploratória e histórico-documental, investigam-se as razões do insucesso comercial dessas inovações no passado, evidenciando como a apropriação isolada do conhecimento colidiu com a ausência de ativos complementares estratégicos, como redes de recarga e escala industrial, e com a consolidação de regimes tecnológicos dominantes baseados no motor a combustão interna. Em contrapartida, analisa-se o cenário contemporâneo de disrupção liderado pela Tesla Motors, sustentado pelo uso intensivo de baterias de íons de lítio e por estratégias de abertura parcial de patentes voltadas ao estabelecimento de um padrão tecnológico dominante. O estudo examina, ainda, os desafios de normatização e segurança contra o descontrole térmico, o papel do Estado indutor frente aos acordos climáticos globais e o protagonismo do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) no fortalecimento do Sistema Nacional de Inovação (SNI). Conclui-se que a consolidação da mobilidade sustentável depende da articulação entre regimes de apropriabilidade, infraestrutura de rede e políticas públicas de soberania tecnológica.

Palavras-chave: Veículos Elétricos; Propriedade Intelectual; História da Inovação; Abertura patentária parcial.

ABSTRACT

Electric vehicles (EVs) are undergoing a transition often associated with recent innovation, although their historical trajectory dates

back to the 19th century, marked by cycles of euphoria and obsolescence. This article critically analyzes the historical evolution of EVs through the lens of Intellectual Property (IP) Theory, highlighting the pioneering initiatives of Nikola Tesla and João Augusto Conrado do Amaral Gurgel. Through a qualitative, exploratory, and historical-documentary approach, the study investigates the reasons for the commercial failure of these past innovations, demonstrating how the isolated appropriation of knowledge collided with both the lack of strategic complementary assets (such as charging networks and industrial scale) and the consolidation of dominant technological regimes based on the internal combustion engine. In contrast, it opposes the contemporary scenario of disruption led by Tesla Motors, sustained by the intensive use of lithium-ion batteries and by partial patent open-sourcing strategies aimed at establishing a dominant technological standard. Furthermore, the study examines standardization and safety challenges related to thermal runaway, the role of the inducing State in light of global climate agreements, and the leading role of the National Institute of Industrial Property (INPI) in strengthening the National Innovation System (NIS). It concludes that the consolidation of sustainable mobility depends on the synergy between appropriability regimes, network infrastructure, and public policies for technological sovereignty.

Keywords: Electric Vehicles; Intellectual Property; History of Innovation; Partial Patent Open-Sourcing.

1. INTRODUÇÃO

A transição global para os veículos elétricos (VEs) avança rapidamente motivada pela maior sustentabilidade e redução da emissão de combustíveis fósseis. Esse movimento é uma alternativa

estratégica para a melhoria da qualidade do ar urbano, convergindo com as metas do Acordo de Paris (Sun et al., 2020).

Contudo, essa ruptura de paradigma é catalisada pela expansão dos direitos de propriedade intelectual (PI), os quais transformam conhecimentos científicos inovadores em bens de exclusivo comercial e reservas de mercado (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

A evolução dos VEs envolve a difusão da inovação, transcendendo a mera viabilidade técnica, dependendo de uma complexa articulação entre o grau de apropriabilidade do sistema de patentes, a disponibilidade de ativos complementares estratégicos e a consolidação de regimes tecnológicos dominantes (Ferreira; Barbosa, 2020; Silva; Pereira, 2021).

Historicamente, o domínio exclusivo sobre uma criação imaterial legitima-se pela capacidade de transformar o conhecimento em ativos econômicos transacionável mediante o sistema de patentes. No entanto, o pioneirismo de inventores como Nikola Tesla e, posteriormente no Brasil, de João Gurgel, enfrentou barreiras que extrapolaram os limites da engenharia, como a apropriação individual do conhecimento colidiu com a inexistência de um ecossistema industrial e de uma cadeia de suprimentos aptos a escalar a tecnologia (Lima; Carvalho, 2019; Silva; Pereira, 2021).

Segundo a perspectiva jurídica e neoschumpeteriana, referenciada por North (2018), a concessão de direitos exclusivos deve ser balizada por sua função social e pelo interesse público, dimensão frequentemente negligenciada nas etapas iniciais do

desenvolvimento tecnológico e capturada por hegemonias de mercado.

Diante desse cenário, este artigo propõe uma análise crítica da evolução dos VEs, mobilizando a estrutura de governança da PI construída ao longo do tempo para compreender o descompasso entre a emergência de inovações e sua efetiva difusão socioeconômica. Para essa finalidade, o estudo fundamenta-se em reflexões históricas e normativas para problematizar conceitos cristalizados na literatura, conforme Ferreira e Barbosa (2020).

Sob essa perspectiva, esse estudo contrapõe as limitações estruturais das primeiras ondas de eletrificação, marcadas pelo baixo grau de apropriabilidade e escassez de infraestrutura à estratégia disruptiva contemporânea da Tesla Motors e ao atual movimento de convergência tecnológica (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

Por fim, pretende-se elucidar como a governança da PI, a harmonização regulatória internacional e as inovações em segurança podem atuar como ferramentas estratégicas de soberania e desenvolvimento sustentável no Sistema Nacional de Inovação (SNI).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Contexto Histórico

No século XIX, foram idealizadas carruagens elétricas experimentais com o intuito de desenvolver e inovar os transportes de alguns países, como França, Reino Unido e Estados Unidos (EUA). Ressalta-se que esse processo evolutivo incremental marcou o início da

viabilidade da propulsão elétrica por meio do modelo de utilidade (MU).

Essa evolução inventiva convergiu com os trabalhos de Gaston Planté, que resultou em 1859 na bateria de chumbo-ácido. Assim, viabilizando a propulsão elétrica aos veículos de transporte. Já os desenhos de Thomas Parker, em 1884, tornaram a propulsão elétrica uma realidade, competindo com o vapor e a gasolina (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

Ao final do século XIX, a emergência da eletromobilidade foi marcada por iniciativas pioneiras na Europa e nos EUA, a exemplo da apresentação do Flocken Elektrowagen na Alemanha em 1888. Enquanto os protótipos destinados ao uso urbano rotineiro entregavam um desempenho operacional e seguro com velocidades médias entre 15 km/h a 20 km/h, a engenharia da época já demonstrava um potencial técnico expressivo, culminando no feito histórico de Camille Jenatzy, que alcançou o recorde mundial de velocidade de 105 km/h a bordo do veículo elétrico Jamais Contente em 1899 (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

Essa dualidade inicial entre a funcionalidade urbana e as altas velocidades experimentais evidência que o posterior declínio da tecnologia frente aos motores de combustão interna não decorreu de uma incapacidade técnica congênita, mas da ausência de um ecossistema industrial de suporte, de redes de distribuição de energia e de um regime de PI estruturado para sustentar a escala de mercado (Perkins; Murmann, 2018; Silva; Pereira, 2021).

No início do século XX, os VEs detinham participação expressiva nas frotas urbanas devido ao seu funcionamento silencioso e à

simplicidade operacional em relação aos rudimentares motores a combustão. No entanto, a infraestrutura elétrica restrita e os elevados custos de fabricação condicionavam esses veículos a nichos de mercado de alta renda, inviabilizando sua massificação (Mom, 2023; U.S. Department of Energy, 2014).

Contudo, no período de 1910 a 1930, impressiona ter havido o pico de mercado de 30% nos EUA, seguido de um declínio. A trajetória tecnológica foi deslocada em favor do motor a combustão interna (VCI), primeiramente, devido à descoberta de petróleo barato e o modelo de produção fordista, que reduziram os custos de produção dos veículos a gasolina e disseminaram o conceito de sonho automotivo americano, da cidade para a estrada infinita (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

Outro aspecto relevante foi a melhoria da infraestrutura rodoviária e o imaginário cultural de liberdade associada à longa distância reforçaram o valor da autonomia, exatamente o ponto fraco dos elétricos decorrente da bateria de partida elétrica (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

Cabe destacar que a consolidação de um regime tecnológico em torno do VCI por meio de uma ampla rede de fornecedores automotivos, oficinas especializadas, saberes de engenharia e marcos regulatórios inteiramente voltados a essa matriz de transporte, restringindo o avanço das alternativas elétricas. (Department of Energy, 2014).

Em resposta à crise do petróleo de 1973, surgiram novas ondas de experimentação tecnológica, exemplificadas pelo pioneirismo do Gurgel por meio dos VE modelo Itaipu E150 (1974-1975) no Brasil, o

primeiro VE concebido na América Latina, e, posteriormente, pelo lançamento do modelo General Motors EV1 (1996-1999) nos EUA.

Contudo, a ausência de um regime forte de apropriabilidade e a escassez de ativos complementares inviabilizaram a escala comercial do projeto nacional, ao passo que o modelo americano foi descontinuado e teve suas unidades recolhidas e destruídas pelo fabricante sob justificativas de baixa rentabilidade e inexistência de um mercado de massa consolidado (Ferreira; Barbosa, 2020; Perkins; Murmann, 2018; Silva; Pereira, 2021).

Como explica Malavota (2020), a tecnologia consolidou-se como um fator de produção central na economia moderna; contudo, a trajetória da inovação no setor de transportes foi progressivamente canalizada para redes de fornecedores, infraestruturas e legislações modeladas em torno do petróleo.

Nessa conjuntura neoschumpeteriana, o potencial de destruição criativa que os VEs representavam foi temporariamente neutralizado pelo paradigma dominante do VCI, cujos ganhos de escala e forte regime de apropriabilidade relegaram a eletromobilidade a um papel residual ao longo de grande parte do século XX (Mom, 2023; Perkins; Murmann, 2018; Silva; Pereira, 2021).

2.2. O Insucesso de Tesla e Gurgel Sob a Ótica da Pi

O inventor Nikola Tesla depositou patentes para os motores de corrente alternada que poderiam ter impulsionado a tração elétrica precocemente. Entretanto, esse modelo de proteção é um exclusivo de exploração industrial que requer contrapartida de exploração efetiva; sem um mercado ou infraestrutura, os títulos da Tesla perderam sua razão de ser econômica, tornaram-se então, ativos

isolados em um ambiente dominado por outras matrizes energéticas. Dessa forma, para Lima e Carvalho (2019), o sistema de patentes muitas vezes falha quando não há uma divulgação social que gere estímulo à invenção em larga escala.

Já em 1974, a Gurgel apostou no modelo Itaipu E150, pioneiro entre os VEs na América Latina, como vetor de soberania e independência tecnológica em plena crise do petróleo. Embora o projeto estivesse amparado por um arcabouço normativo fortemente protecionista e voltado ao estímulo da indústria nacional, como a Lei nº 5.772/1971, essa iniciativa não ultrapassou a fase de protótipo, mantendo uma produção residual.

Diante desse cenário, a sua inviabilidade comercial decorreu da desarticulação com outros pilares do SNI, tais como a escassez de financiamento contínuo para escala industrial, a limitação das baterias e a reorientação das prioridades estatais em favor do Proálcool em 1975, que concentrou os incentivos públicos na matriz do etanol em detrimento da eletromobilidade (Silva; Pereira, 2021; Ferreira; Barbosa, 2020; Lima; Carvalho, 2019).

A combinação de limitações tecnológicas, como as baterias pesadas e de baixa autonomia, ausência de infraestrutura de recarga, dificuldades de financiamento e competição com montadoras multinacionais fez com que a empresa de Gurgel encerrasse suas atividades em 1996 (Silva; Pereira, 2021; Ferreira; Barbosa, 2020; Lima; Carvalho, 2019).

Sob esse prisma analítico, o esforço inovador da Gurgel e o desenvolvimento do VE Itaipu E150 revelam um caso emblemático de regime de apropriabilidade fraco no contexto da indústria

automobilística nacional. Já no contexto jurídico-institucional, a empresa esteve amparada pelo arcabouço protecionista da Lei nº 5.772/1971 e pela concessão de patentes formais emitidas pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Contudo, a capacidade de efetivamente capturar o valor econômico de suas invenções mostrou-se severamente limitada (Silva; Pereira, 2021).

De acordo com a clássica formulação sobre a distribuição dos ganhos da inovação, quando o grau de apropriabilidade do produto é baixo e a proteção legal é insuficiente para deter o contorno tecnológico, a apropriação do mercado passa a depender criticamente do controle sobre os ativos complementares (Ferreira; Barbosa, 2020).

No caso do modelo Itaipu E150, a Gurgel enfrentou óbices no ecossistema local de fornecedores de baterias e de uma infraestrutura pública de recarga, ativos indispensáveis para conferir funcionalidade ao veículo elétrico e viabilizar sua escalabilidade (Silva; Pereira, 2021).

Simultaneamente, a empresa carecia de ativos complementares críticos de mercado, tais como uma rede capilarizada de concessionárias, serviços de pós-venda estruturados e ampla capacidade de financiamento ao consumidor. Essa fragilidade permitiu que as montadoras multinacionais estabelecidas no país, detentoras de sólida infraestrutura comercial, grande escala produtiva e amplo acesso a linhas de crédito, suplantassem com facilidade a iniciativa nacional, anulando as vantagens do pioneirismo da Gurgel e reconduzindo a preferência do mercado para o paradigma tecnológico dominante dos VCI (Lima; Carvalho, 2019; Ferreira; Barbosa, 2020).

Já a Tesla, a partir do lançamento do modelo Roadster em 2008, posicionou o VE como um produto de alto desempenho e longo alcance, desconstruindo o estigma histórico de mero veículo urbano lento e de utilidade restrita (Thomas; Maine, 2019).

Adicionalmente, o uso intensivo de baterias de íons de lítio, caracterizadas por uma densidade energética significativamente superior, aliado a uma estratégia de inovação disruptiva, foi determinante para atrair volumosos aportes de capital de risco, capturar a atenção midiática e refundar o imaginário socioeconômico em torno da eletromobilidade (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

No entanto, no cenário contemporâneo, à medida que a Tesla e os atores globais pavimentam esse novo paradigma tecnológico, impõe-se a reflexão crítica: o Brasil repetirá os gargalos sistêmicos e a desarticulação de seu passado industrial ou será capaz de estruturar uma trajetória autônoma e sustentável na cadeia de veículos elétricos? (Silva; Pereira, 2021).

2.3. A Rationale do Sistema de Patentes e a Função Social

O sistema de patentes fundamenta-se, tradicionalmente, no estímulo à invenção, na divulgação pública do conhecimento técnico e na contrapartida social ao inventor. No entanto, como alertam Lhoste e Maine (2022), a proliferação excessiva de patentes e a maximização dos direitos de exclusividade reduzem a liberdade de operação de novos inventores. Assim, a expansão desmedida impõe custos de transação proibitivos e barreiras jurídicas que inibem a criação incremental e o livre intercâmbio científico.

Na trajetória dos VEs, a PI atuou frequentemente como instrumento de reserva e controle de mercado por parte dos grandes conglomerados automotivos, em detrimento do compartilhamento e da inovação aberta (Ferreira; Barbosa, 2020).

Sob a perspectiva da teoria institucional, o direito de propriedade deve cumprir uma função social efetiva; contudo, no caso dos pioneiros da eletromobilidade no Brasil, o interesse público no desenvolvimento tecnológico autônomo não se mostrou suficiente para sustentar iniciativas privadas desprovidas de amparo estatal continuado e de garantias institucionais de investimento capazes de convergir a função social e o avanço técnico (Lima, Carvalho, 2019; Silva; Pereira, 2021).

No caso da Gurgel, o óbice não residiu estritamente na ausência de patenteamento robusto, mas na carência de ativos complementares competitivos, como o capital de risco de longo prazo, escala industrial sustentável, rede de serviços pós-venda e políticas públicas continuadas (Ferreira; Barbosa, 2020).

Conforme a teoria da inovação, um portfólio restrito de patentes de design ou de soluções de engenharia isoladas revela-se insuficiente para fazer frente a conglomerados automotivos transnacionais integrados a redes globais de produção, distribuição e financiamento (Lima; Carvalho, 2019).

Sob a perspectiva neoschumpeteriana, o projeto do VE Itaipu careceu tanto de um regime forte de apropriabilidade, capaz de assegurar a captura de valor econômico frente ao contorno tecnológico dos concorrentes, quanto de capacidade de difusão.

Dessa maneira, inviabilizando a transição do produto da fase de protótipo para a produção seriada (Silva; Pereira, 2021).

No caso da Tesla, a PI funciona de forma articulada com um modelo de negócios integrado, a construção de uma marca de alto apelo e a estruturação de ativos complementares proprietários, tais como a rede dedicada de carregamento rápido e o sistema de atualizações remotas de software (Thomas; Maine, 2019).

Além disso, a estratégia de abertura parcial de suas patentes em 2014 é interpretada como uma manobra calculada para expandir o padrão tecnológico do seu ecossistema ao incentivar outros fabricantes a adotar sua arquitetura técnica, a empresa acelera a aceitação de mercado dos VEs e consolida a dependência da indústria em relação às suas tecnologias e infraestruturas complementares (Perkins; Murmann, 2018).

Atualmente, a trajetória da eletromobilidade é marcada pela busca de consolidação de um padrão tecnológico dominante, capaz de superar a fragmentação inicial do mercado e desbancar o VCI (Dijk; Yarime, 2010).

O lançamento do veículo híbrido Toyota Prius em 1997 e a introdução do Tesla Roadster em 2008, este já munido de baterias de íons de lítio e autonomia superior a 300 km, exemplificam essa transição gradual para produtos de alto desempenho e alcance comercial. A estratégia de eletrificação total de frotas adotadas por montadoras tradicionais, a exemplo da Volvo, evidenciam a convergência da indústria em direção a esse novo paradigma (Perkins; Murmann, 2018).

Sob a ótica da Teoria do Prospecto de Kitch (1977), a coordenação da base técnica e a abertura seletiva de arquiteturas proprietárias reduzem o risco de fragmentação em tecnologias incompatíveis, incentivando a adoção de parâmetros comuns e permitindo que os veículos elétricos transitem de um nicho residual para um regime tecnológico hegemônico.

A teoria institucional de Douglass North sugere que os direitos de propriedade devem ser desenhados para reduzir custos de transação, promover o uso eficiente dos recursos e elevar a produtividade (North, 2018).

Entretanto, a historiografia comparada entre as iniciativas nacionais, como a Gurgel, e os atores globais, como a Tesla, demonstra que a PI funcionou predominantemente como instrumento de reserva e controle de mercado por parte dos grandes oligopólios automotivos, em detrimento do compartilhamento e da inovação aberta (Ferreira; Barbosa, 2020; Perkins; Murmann, 2018).

Por fim, sob a perspectiva da economia política crítica, essa dinâmica expõe a contradição fundamental entre a natureza crescentemente social e coletiva da produção do conhecimento científico-tecnológico e a natureza privada e individual de sua apropriação econômica, revelando-se um elemento analítico central para compreender os limites e estrangulamentos enfrentados pelos pioneiros da mobilidade alternativa (Harvey, 2011; Lima; Carvalho, 2019).

3. METODOLOGIA

Aplica-se neste estudo uma abordagem qualitativa e exploratória, com ênfase analítica e documental, fundamentada no caráter

inovador da pesquisa no contexto brasileiro.

O trabalho utiliza as ferramentas teórico-metodológicas oferecidas pela História para problematizar conceitos de PI cristalizados na literatura e à luz do desenvolvimento econômico.

Foram analisados dados históricos sobre as patentes de Tesla e Gurgel, confrontando-os com os relatórios de inovação da atual Tesla Motors e os parâmetros de busca em bases como Scopus e Google Scholar, delimitando o período entre 2018 e 2025 para as inovações contemporâneas, enquanto a análise documental focou nas patentes históricas de Tesla e Gurgel.

Por fim, a análise adotou uma perspectiva comparativa entre os modelos sistema de registro ou cadastro livre (*registration system*) do passado e a complexa teia de PI contemporânea, com a triangulação de fontes que permitiu validar as informações sobre riscos de incêndio e estratégias de mitigação globais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

4.1. Por Que as Inovações as Históricas Falharam?

Segundo Ferreira e Barbosa (2020), Perkins e Murmann (2018) e por fim Silva e Pereira (2021), as inovações de Tesla e Gurgel não foram bem-sucedidas em suas épocas por fatores que transcendem a genialidade técnica.

De acordo com Sullivan (2020), o sistema de patentes é concebido estatutariamente para induzir uma escassez artificial em cenários onde a utilidade econômica não se sustentaria sem a garantia de exclusividade. Ao aplicar essa premissa à análise histórica dos VEs no

início do século XX, Mom (2023) pondera que a ampla disponibilidade de combustíveis fósseis baratos eliminava os incentivos econômicos de mercado que justificassem a proteção de uma alternativa elétrica de alto custo na época.

No caso de Gurgel, a ausência de uma descrição técnica suficiente em seus pedidos e a dependência de tecnologias estrangeiras impediram a formação de um pool de patentes que garantisse competitividade frente às multinacionais.

Além disso, a falta de ativos complementares, como baterias eficientes e eletrônica de potência, impediu que o VE Itaipu de Gurgel chegasse ao mercado de massa. O insucesso relativo derivou da natureza individual da apropriação contra a natureza social da produção necessária para um veículo funcional.

Conforme a teoria da inovação de Schumpeter, que discorre sobre a trajetória das tecnologias e PI, os fracassos foram decorrentes da ausência de *lock-in* institucional (infraestrutura e ecossistema de patentes), dependência de políticas públicas e cadeias globais, a exemplo da GURGEL que estava sem escala industrial (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

No que tange a comparação de patentes, a Tesla possuía portfólio limitado em baterias e software, utilizando somente a abertura estratégica de patentes como modelo de negócio em 2014, enquanto a Gurgel valia-se de projetos locais (Mom, 2023; Kurzweil, 2020; Guarnieri, 2020).

Sem o controle de ativos complementares decisivos, como redes de distribuição, escala produtiva e suporte de pós-venda, o inovador pioneiro tende a ser suplantado por concorrentes estabelecidos que

operam em regimes tecnológicos já consolidados (Ferreira; Barbosa, 2020).

Essa assimetria estrutural permite que os grandes conglomerados absorvam ou anulem o esforço de criação do pioneiro, orientando o mercado para suas próprias cadeias produtivas já amortizadas (Lima; Carvalho, 2019).

4.2. A Evolução Contemporânea

Diferente dos seus antecessores, a atual Tesla Motors, a partir de 2008, reposicionou o VE como um objeto de alto desempenho e luxo, rompendo o estigma de veículo lento, captando atenção midiática e capital de risco. O sucesso atual decorre de uma convergência de fatores:

- Avanços drásticos em baterias por meio do uso intensivo de íon-lítio com alta densidade energética e redução de custo por kWh;
- Infraestrutura de recarga com a construção de uma rede global de supercarregadores que resolve o problema histórico da autonomia; e
- Estratégia de patentes caracterizada pelo anúncio da abertura parcial das patentes da Tesla em 2014.

Essa tática, embora pareça contraditória, visa expandir o padrão tecnológico e incentivar o ecossistema elétrico, consolidando a Tesla na liderança de um novo regime tecnológico.

Essa manobra de PI pode ser interpretada como uma forma de otimização dos insumos tecnológicos, atraindo outros fabricantes para o padrão da marca. Ao criar um ambiente de inovação aberta mitigada, a Tesla assegura sua posição central na nova agenda de desenvolvimento da PI.

Atualmente, impulsionado pelas metas de descarbonização do Acordo de Paris, observa-se um movimento global de convergência na eletromobilidade, caracterizado pela acentuada redução nos custos de produção das baterias de íons de lítio e por uma intensa corrida patentária voltada ao desenvolvimento de baterias de estado sólido e sistemas de recarga ultrarrápida (Sun et al., 2020; WIPO, 2021).

Esse panorama corrobora a tese de que descontinuidades e falhas nos processos de inovação raramente decorrem de limitações técnicas isoladas, mas sim de incompatibilidades estruturais entre a nova tecnologia emergente e o regime socio técnico vigente (Mom, 2023; Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

Portanto, entende-se que a evolução dos VEs foi marcada por um hiato de quase um século, provocado pela consolidação do regime tecnológico da combustão interna, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Matriz comparativa dos determinantes de inovação entre as eras históricas e a disrupção contemporânea dos VEs

Dimensão Analítica	Eras históricas (Século XIX e Gurgel/1974)	Era contemporânea (Tesla Motors e Transição Pós-2015)
Tecnologia de Armazenamen	Baterias de chumbo-ácido (elevado peso, baixa	Baterias de íons de lítio e avanços em estado sólido

to	densidade energética e degradação rápida).	(alta densidade e sistemas de gestão térmica).
Autonomia de Rodagem	Restrita (habitualmente inferior a 50 km no século XIX e a 80 km no protótipo Itaipu E150).	Elevada (entre 400 km e 800 km com suporte a carregamento ultrarrápido).
Patamar Econômico	Custo de fabricação proibitivo por kWh; inviabilidade frente ao petróleo barato e à escala fordista.	Custo decrescente por kWh (aproximando-se do patamar crítico de US\$ 100/kWh); viabilidade de mercado de massa.
Estratégia e Governança de PI	Patentes e títulos formais isolados; fraco regime de apropriabilidade e incapacidade de captura de valor econômico.	Mapeamento denso de PI (superior a 10 mil depósitos/ano); abertura parcial estratégica de patentes para estabelecer padrão dominante.
Controle de Ativos Complementares	Escassez crítica (ausência de rede de recarga pública, fraca capacidade industrial e desarticulação do SNI).	Ativos consolidados e proprietários (redes de Supercarregadores, ecossistema conectado e atualizações).
Ambiente Regulatório e Indução Estatal	Inexistência de amparo estatal continuado; reorientação de subsídios estatais para matrizes concorrentes, como o Proálcool.	Compromissos globais de descarbonização (Acordo de Paris), subsídios tributários e rígidas normas técnicas.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Mom (2023), Perkins e Murmann (2018), Silva e Pereira (2021) e WIPO (2021).

Mesmo com a abertura parcial de suas patentes, a Tesla mantém um controle rígido sobre ativos complementares críticos que asseguram sua competitividade de mercado, com a infraestrutura

de recarga, o software integrado com conectividade e o forte valor de marca.

A rede *Superchargers* foi determinante para resolver o entrave histórico da autonomia, enquanto as atualizações *over-the-air* e os sistemas proprietários criam um elevado custo de transição, dificultando a migração de usuários para outras plataformas.

Além disso, ao reposicionar os VEs como símbolos de luxo e alto desempenho, a empresa superou o estigma de veículo urbano lento, que limitou iniciativas pioneiras, como os projetos da Gurgel no Brasil. Assim, superam-se as barreiras históricas da escassez de um ecossistema de fornecedores e da fraca apropriabilidade tecnológica, assumindo-se uma postura alinhada à agenda da moderna teoria da PI, que preconiza a função social e o interesse público por meio da mitigação de danos ambientais, eixos centrais de acordos climáticos como o Acordo de Paris.

Por fim, essa estratégia acaba por induzir uma dependência tecnológica de terceiros em relação às arquiteturas de base da Tesla, mantendo-a na posição central da cadeia de valor da inovação (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

4.3. Desafios na Segurança e Normatização

A expansão em larga escala dos VEs resultou em novos desafios tecnológicos e regulatórios, destacando-se a segurança contra incêndios e o fenômeno do descontrole térmico.

Diferente dos VCIs, os incêndios em baterias de íons de lítio exigem resfriamento intensivo e contínuo, podendo durar horas ou dias com elevado risco de reignição posterior. Para mitigar esses riscos e

assegurar a aceitação pública e mercadológica da tecnologia, as pesquisas atuais convergem para o desenvolvimento de baterias autoextinguíveis e de sistemas avançados de gerenciamento térmico (Sun et al., 2020).

Cabe ressaltar que a abertura parcial de patentes promovida pela Tesla atuou como elemento catalisador para o mercado de VEs. Essa estratégia estimulou a produção em escala industrial e acelerou a formação das redes de serviços e infraestrutura que faltaram aos projetos pioneiros do passado, consolidando a empresa como o ator central na emergência de um novo paradigma de mobilidade sustentável (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).

As regulamentações internacionais, a exemplo do Regulamento Técnico Global UNECE GTR nº 20, e diretrizes nacionais, como a ABNT NBR 17019, estabelecem parâmetros rigorosos para a infraestrutura de recarga e a resistência térmica das baterias de íons de lítio.

A conformidade com essas normas e a implementação de sistemas de segurança ativa tornaram-se cruciais para prevenir restrições operacionais graves, como as proibições de estacionamento de VEs em garagens subterrâneas registradas na China e na Coreia do Sul em decorrência de eventos de descontrole térmico (Sun et al., 2020; Kim; Moon, 2021).

Nesse contexto, a PI contemporânea redireciona seu foco estratégico para o patenteamento de inovações de segurança, tais como isolantes retardantes de chama, sensores de predição térmica e gestão inteligente de carga, garantindo que o avanço da eletromobilidade resguarde não apenas o desempenho dos

veículos, mas a integridade estrutural das edificações e a segurança pública (Sun et al., 2020).

4.4. O Papel do Estado e a Nova Agenda de Desenvolvimento

A expansão dos VEs é hoje impulsionada por incentivos fiscais e metas de descarbonização, conforme o Acordo de Paris, que não existiam na época de Gurgel.

O Estado deixou de ser apenas um garantidor de privilégios para ser um promotor ativo da inovação por meio de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), regulamentações de recarga em condomínios e investidor estratégico de tecnologias seguras. Isso reflete o que Yu (2009) da teoria da PI denomina de Nova Agenda de Desenvolvimento, onde a propriedade deve servir ao bem-estar coletivo e à saúde pública.

Em oposição ao cenário de Gurgel no século XX, a atual expansão dos VEs beneficia-se de compromissos climáticos globais e de um novo papel desempenhado pelo Estado no SNI. O poder público deixa de atuar meramente como protetor de mercado para assumir a função de investidor estratégico e regulador de bens públicos, estabelecendo exigências para infraestruturas prediais de recarga e fomento a baterias seguras. Esse movimento reflete os preceitos de uma abordagem moderna da PI voltada ao interesse público (Yu, 2009), na qual o direito de exclusividade é condicionado ao cumprimento de funções socioambientais e à transição para matrizes de baixo carbono.

Portanto, verifica-se atualmente uma convergência inédita de fatores estruturais que não existiam nas tentativas históricas de eletrificação da mobilidade (Mom, 2023; Perkins; Murmann, 2018).

Entre eles, destacam-se os avanços tecnológicos expressivos nas baterias de íons de lítio e novas químicas eletroquímicas, que proporcionaram ganhos de densidade energética e redução acentuada do custo por quilowatt-hora, associados ao rigor das políticas climáticas internacionais, como o Acordo de Paris, e a incentivos fiscais e regulatórios estruturados, a exemplo de subsídios e zonas de baixa emissão (Sun et al., 2020; Thomas; Maine, 2019).

Simultaneamente, a infraestrutura de recarga expandiu-se por meio da articulação entre redes públicas e privadas, crescentemente integradas a matrizes de energia renovável, enquanto a digitalização de sistemas e a gestão conectada de frotas reduziram significativamente as barreiras de adoção e os custos de transição para o consumidor (Thomas; Maine, 2019; WIPO, 2021).

Do ponto de vista da PI, nota-se uma intensa corrida patentária focada na química de baterias, em sistemas de recarga de alta potência, em softwares de gerenciamento térmico e em arquiteturas de condução autônoma, configurando novos campos de disputa jurídica e concorrencial na indústria automotiva global (WIPO, 2021; Sun et al., 2020). Nesse novo contexto competitivo, o valor da inovação deslocou-se do componente mecânico do veículo para o domínio dos algoritmos, dos materiais eletroquímicos avançados e das patentes essenciais a padrões, exigindo que os atores do setor articulem estratégias robustas de proteção e licenciamento para assegurar a interoperabilidade e a sobrevivência nos mercados globais (Thomas; Maine, 2019; Perkins; Murmann, 2018).

Na análise quantitativa, via bases como Espacenet e Lens.org da corrida patentária pós-2015, verifica-se que a inovação em VEs

deixou de ser incremental para se tornar uma disrupção estrutural:

- Intensidade inovativa, atualmente há uma intensa corrida patentária focada em baterias, sistemas de recarga rápida e software de gerenciamento térmico. O volume de pedidos de patentes em VEs supera a marca de 10.000 depósitos anuais globalmente, concentrados principalmente no hemisfério Norte e na China.
- Estratégia de inovação aberta e padrão dominante, a decisão da Tesla Motors, em 2014, de promover a abertura parcial de seu portfólio de patentes consolida-se como uma manobra calculada para estabelecer um padrão tecnológico dominante. A estratégia visa atrair montadoras concorrentes para a sua arquitetura técnica e ecossistema de infraestrutura de recarga, reduzindo a fragmentação do mercado (Perkins; Murmann, 2018; Thomas; Maine, 2019).
- O papel do INPI e a inserção do Brasil, no cenário nacional, o reconhecimento desse órgão como Autoridade de Busca Internacional e de Exame Preliminar Internacional (ISA/IPEA, no âmbito do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes - PCT) revela-se estratégico. Essa qualificação fortalece a capacidade institucional de mitigar o *backlog* de exames e conferir rigor técnico à análise de tecnologias emergentes da transição energética, provendo a segurança jurídica necessária para atração de investimentos ao SNI (Lima; Carvalho, 2019; Silva; Pereira, 2021).

O reconhecimento do INPI como Autoridade de Busca Internacional e de Exame Preliminar Internacional (ISA/IPEA, no âmbito do PCT)

reforça o protagonismo do Brasil na regulação global da PI, contribuindo decisivamente para a redução do backlog e para a elevação da qualidade do exame de patentes voltadas à transição energética.

Como evidenciado na análise histórica, a descontinuidade do projeto de Gurgel na década de 1970 não decorreu da ausência de capacidade técnica de engenharia, mas do fato de operar em um ambiente marcado pela desarticulação do SNI e pela escassez de ativos complementares críticos (Ferreira; Barbosa, 2020; Silva; Pereira, 2021).

Essa trajetória histórica projeta lições fundamentais para a formulação de políticas públicas e para a preservação da soberania tecnológica brasileira no cenário contemporâneo:

- Soberania mineral e apropriabilidade em baterias, sendo o lítio e outros minerais críticos insumos estratégicos e finitos, o Brasil possui reservas expressivas no Vale do Jequitinhonha, mas necessita de mecanismos de apropriabilidade tecnológica (captura de valor via PI e P&D local) para evitar que o país se consolide apenas como mero exportador de matéria-prima primária (Lima; Carvalho, 2019).
- Políticas de Transferência de Tecnologia (ToT), torna-se urgente a estruturação de protocolos nacionais de ToT que facilitem a absorção de conhecimentos críticos trazidos por montadoras estrangeiras, resguardando e fortalecendo simultaneamente o know-how e as capacidades produtivas locais.
- Rota tecnológica, diante da infraestrutura já consolidada do Proálcool e do programa RenovaBio, a rota de transição

brasileira pode residir na eletromobilidade híbrida movida a etanol ou em células de combustível a hidrogênio de etanol, solução que reduz emissões de carbono em todo o ciclo de vida sem demandar, de imediato, investimentos vultosos em uma rede pan-nacional de recarga ultrarrápida (Silva; Pereira, 2021).

A articulação institucional entre o órgão de PI e o SNI constitui a espinha dorsal que permite ao país absorver tecnologias estrangeiras e, simultaneamente, desenvolver competências locais. No Brasil, a trajetória da PI evoluiu historicamente de um sistema de livre concessão para um regime de exame técnico prévio e rigoroso, sendo imperativo avançar rumo a um modelo conceitual original denominado pentágono da mobilidade sustentável. Segundo Ferreira e Barbosa (2020), Perkins e Murmann (2018) e Silva e Pereira (2021), essa matriz teórica e operacional fundamenta-se na convergência dinâmica entre cinco eixos articulados:

- Apropriabilidade de PI, capacidade de converter invenções em ativos de mercado, a exemplo de patentes de baterias autoextinguíveis;
- Infraestrutura de rede, expansão de Superchargers e regulamentação predial para condomínios;
- Segurança e normatização, mitigação de riscos de descontrole térmico via normas técnicas como a ABNT NBR 17019);
- Presença de ativos complementares, escala industrial, valor de marca e redes de serviços pós-venda; e
- Indução estatal, incentivos fiscais e fomento ao P&D alinhados às metas climáticas do Acordo de Paris.

Nesse sentido, constata-se a necessidade premente de a comunidade científica brasileira transitar de abordagens meramente narrativas para uma agenda de pesquisa empírica rigorosa.

Essa nova vertente investigativa deve priorizar o estudo dos desafios de segurança e defesa relacionados ao emprego de VEs blindados pelas Forças Armadas frente aos riscos de incêndios em baterias de íons de lítio; a análise da inovação inversa, examinando soluções como os sistemas de aerossóis condensados que necessitam de registro patentário e testes em campos nacionais; e a avaliação da viabilidade socioeconômica real do custo-benefício para frotas públicas e motoristas de aplicativo sob a vigência dos incentivos federais atuais (Lima; Carvalho, 2019; Sun et al., 2020).

Por fim, trata-se, em última análise, de reconhecer que a transição para a eletromobilidade transcende o domínio da engenharia elétrica, constituindo um exercício amplo de governança da PI a serviço do desenvolvimento econômico, da soberania nacional e da segurança pública.

5. CONCLUSÃO

A análise da trajetória dos VEs sob a perspectiva da PI e das teorias de inovação revela que a transição energética da mobilidade não é um evento recente ou meramente linear, mas o resultado de uma profunda transformação nos regimes socio técnicos globais.

A historiografia comparada entre as iniciativas pioneiras do século XIX, os esforços nacionais do século XX e a disrupção contemporânea demonstra que a viabilidade técnica de uma invenção revela-se insuficiente para assegurar sua adoção em larga escala.

O insucesso comercial de inventores como Nikola Tesla e Gurgel elucida como o sistema de patentes, quando desarticulado de ativos complementares críticos e de um SNI robusto, falha em cumprir sua função social.

Nesse sentido, a Gurgel e o projeto pioneiro do Itaipu E150 não naufragaram por escassez de capacidade técnica, mas por operarem sob um fraco regime de apropriabilidade econômica, desprovido de escalas de financiamento contínuas, de uma rede de fornecedores locais de baterias e de suporte estatal infraestrutural. Assim, as vulnerabilidades foram agravadas pelo redirecionamento das prioridades públicas para o Proálcool e pela concorrência com grandes conglomerados automotivos transnacionais.

Em contrapartida, a virada paradigmática liderada pela Tesla Motors a partir do século XXI reposicionou a eletromobilidade no mercado global. Essa transformação sustentou-se na convergência estratégica entre avanços eletroquímicos (ganhos de densidade e queda no custo por kWh das baterias de íons de lítio), criação de redes exclusivas de carregamento rápido e uma gestão arrojada da PI.

A estratégia de inovação aberta mitigada da Tesla, exemplificada pela abertura parcial de suas patentes em 2014, demonstrou ser uma manobra calculada para reduzir a fragmentação do mercado, estabelecer um design dominante e atrair concorrentes para o seu ecossistema de infraestrutura, mantendo o controle sobre ativos intangíveis e softwares proprietários críticos.

No cenário contemporâneo, a transição para os VEs é impulsionada pelo alinhamento a metas climáticas internacionais, como o Acordo

de Paris, e pela implementação de diretrizes de segurança contra o descontrole térmico de baterias, deslocando a intensidade da corrida patentária para o desenvolvimento de novos materiais, softwares de gerenciamento térmico e condução autônoma.

Para o Brasil, as lições históricas projetam diretrizes fundamentais de políticas públicas e soberania nacional. O protagonismo do INPI como autoridade internacional (ISA/IPEA) e a formulação do pentágono da mobilidade sustentável impõem que o país supere o papel de mero exportador de minerais críticos para desenvolver capacidades locais de P&D.

Entende-se que a transição brasileira demanda a articulação entre protocolos de ToT, o aproveitamento da rota tecnológica híbrida movida a etanol/biocombustíveis e a consolidação de uma agenda de pesquisa empírica focada na segurança e viabilidade socioeconômica de frotas públicas e de defesa.

Em última análise, a governança da PI consolida-se não apenas como um instrumento de proteção comercial, mas como um vetor estratégico indispensável para assegurar a autonomia tecnológica, o desenvolvimento econômico e o bem-estar socioambiental no século XXI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCENSÃO, J. DE O. **Direito autoral e direitos conexos**. 2. ed. Coimbra: Coimbra Editora, 2002.

BARBOSA, D. B. **Uma introdução à propriedade intelectual**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005.

DIJK, M.; YARIME, M. **The emergence of hybrid-electric cars: innovation path creation through co-evolution of supply and demand.** Technological Forecasting and Social Change, Amsterdam, v. 77, n. 8, p. 1371-1390, Oct. 2010. DOI: 10.1016/j.techfore.2010.05.001.

FERREIRA, M. V.; BARBOSA, H. M. **Empreendedorismo nacional e restrições estruturais: a história da Gurgel sob a ótica da teoria evolucionária da inovação.** Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 950-965, out./dez. 2020. DOI: 10.1590/1679-395120190112.

GUARNIERI, M. **Historical developments in electric propulsion: the early years (1830-1900).** IEEE Industrial Electronics Magazine, Piscataway, v. 14, n. 2, p. 52-57, June 2020. DOI: 10.1109/MIE.2020.2984580.

HARVEY, D. **O enigma do capital e as crises do capitalismo.** Tradução de Sérgio Lamarão. São Paulo: Boitempo, 2011.

KIM, S. E.; MOON, S. W. **Fire risk analysis and safety countermeasures for electric vehicle charging facilities in underground parking lots.** Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Seoul, v. 21, n. 6, p. 145-154, Dec. 2021. DOI: 10.9798/KOSHAM.2021.21.6.145.

KITCH, E. W. **The nature and function of the patent system.** The Journal of Law & Economics, Chicago, v. 20, n. 2, p. 265-290, Oct. 1977. DOI: 10.1086/466903.

KURZWEIL, P. **Gaston Planté and his invention of the lead-acid battery: standard power source for 160 years.** Journal of Solid State Electrochemistry, Berlin, v. 24, n. 9, p. 1969-1983, Sept. 2020. DOI: 10.1007/s10008-020-04618-9.

LHOSTE, S.; MAINE, E. **Patent thickets and freedom to operate in emerging clean technologies.** Technological Forecasting and Social Change, Amsterdam, v. 182, p. 121810, Sept. 2022. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121810.

LIMA, L. C.; CARVALHO, A. F. **Política industrial e dependência tecnológica no setor automotivo brasileiro: um estudo sobre a trajetória da Gurgel Veículos.** Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 412-435, set./dez. 2019. DOI: 10.3895/rbpd.v8n3.9821.

MALAVOTA, L. M. **A propriedade industrial em perspectiva histórica.** Revista da ABPI, Rio de Janeiro, n. 168, p. 15-28, 2020.

MOM, G. **The electric vehicle: a long and interrupted history.** In: DOCKER, B. (ed.). Routledge Companion to Automotive History. London: Routledge, 2023. p. 45-58. ISBN 978-0367469771.

NORTH, D. C. **Instituições, mudança institucional e desempenho econômico.** Tradução de Alexandre Morales. São Paulo: Três Estrelas, 2018.

PERKINS, R.; MURMANN, J. P. **What drives the adoption of electric vehicles? A technological innovation system approach to Tesla's disruption.** Research Policy, Amsterdam, v. 47, n. 9, p. 1672-1685, Nov. 2018. DOI: 10.1016/j.respol.2018.05.010.

SILVA, R. C.; PEREIRA, F. S. **A trajetória tecnológica da indústria automotiva nacional: limites e possibilidades da inovação endógena na experiência da Gurgel (1969-1993).** Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 1-28, jan./abr. 2021. DOI: 10.1590/198055272514.

SULLIVAN, E. T. **The over-expansion of intellectual property rights: harm to competition, innovation, and public access.** Journal of Intellectual Property Law, Athens, v. 28, n. 1, p. 45-89, Nov. 2020.

SUN, P. et al. **A review of battery fires in electric vehicles.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Amsterdam, v. 128, p. 109897, Aug. 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2020.109897.

TEECE, D. J. **Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy.** Research Policy, Amsterdam, v. 15, n. 6, p. 285-305, Dec. 1986. DOI: 10.1016/0048-7333(86)90027-2.

THOMAS, V. J.; MAINE, E. **Market entry strategies for electric vehicle startups: The case of Tesla Motors.** Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v. 235, p. 653-663, Oct. 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.334.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **The history of the electric car.** Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2014.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **Global Technical Regulation No. 20: Electric Vehicle Safety (EVS).** Geneva: UNECE, 2018.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). **WIPO Technology Trends 2021: Emerging Technologies in Transportation.** Geneva: WIPO, 2021.

YU, P. K. **A tale of two development agendas.** Ohio Northern University Law Review, Ada, v. 35, n. 2, p. 665-711, 2009.

¹ Discente do Curso Superior de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Inovação da Academia do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) / Exército Brasileiro. Campus INPI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

² Discente do Curso Superior de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Inovação da Academia do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) / Exército Brasileiro. Campus INPI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

³ Docente do Curso Superior de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Inovação da Academia do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Federal University of Rio de Janeiro. (Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ), Campus INPI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁴ Docente do Curso Superior de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/ PROFNIT. Campus Fortaleza. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).