

CONHECIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO PARA O VEÍCULO ELÉTRICO NO BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA E SEUS GRUPOS DE PESQUISA

HENRIQUE BOTIN MORAES

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Brasil
henrique.moraes@ige.unicamp.br

EDGAR BARASSA

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Brasil
edgarbarassa@ige.unicamp.br

FLÁVIA L. CONSONI

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Política Científica e Tecnológica, Brasil
flavia@ige.unicamp.br

RESUMO

Há em curso um processo de novas demandas colocadas para a indústria automobilística global, concentrada em direcionar esforços para a P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) de veículos mais eficientes e menos poluentes. Neste contexto, os veículos elétricos (VE) têm se colocado como uma das apostas possíveis por não emitirem gases poluentes e atenuarem o consumo de combustíveis fósseis. Entretanto, o segmento passa pelo desenvolvimento tecnológico, convivendo com um cenário de incerteza de mercado. No âmbito deste debate, questiona-se: o Brasil teria condições de atuar no segmento dos VEs? Como seria esta atuação: como desenvolvedor de tecnologias e/ou apenas como produtor de VE? Este trabalho avança ao olhar para uma das dimensões desta questão, a da geração de conhecimentos científicos e tecnológicos. O objetivo consiste em identificar e analisar o tipo de conhecimento desenvolvido nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) brasileiras que são (ou que possam ser) aplicados ao desenvolvimento dos VEs. Como método de pesquisa, são observadas as ações desempenhadas pelas ICTs, por meio de seus Grupos de Pesquisa (GP) registrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que atuam no tema correlato ao VE. Foram identificados, até janeiro de 2015, 23 GP com projetos relacionados ao VE, a maioria deles nas Universidades das regiões Sul e Sudeste, classificados na área de pesquisa das Engenharias; os demais GP estão alocados nos Institutos de Pesquisa. Os resultados encontrados fornecem pistas de que há pesquisas sendo conduzidas no Brasil, porém de forma isolada, sem coordenação ou alinhamento geral, com pouco relacionamento com a iniciativa privada e quase inexistência de patentes. Mesmo tratando-se de ações pontuais e concentradas, não deve-se negligenciar os avanços na formação de recursos humanos especializados bem como na P&D de componentes que o conhecimento gerado pelos GP traz.

Palavras-chave: Veículo elétrico; Institutos de Ciência e Tecnologia; Grupos de Pesquisa; Tecnologias Emergentes.

INTRODUÇÃO

A recente agenda ambiental e a conseqüente pressão para a adoção de práticas mais sustentáveis e com menor impacto ao meio ambiente vêm impondo à indústria automobilística global a necessidade de adoção de novas tecnologias alternativas às tradicionais.

No centro deste debate, coloca-se como uma das principais necessidades a substituição pelo uso intenso de combustíveis fósseis, grandes responsáveis pela emissão de poluentes na atmosfera e de problemas relacionados ao meio ambiente e, por conseguinte à saúde pública. Trata-se de um processo de transição no qual busca-se romper com a utilização dos combustíveis fósseis, incluindo as tecnologias relacionadas a esta fonte energética, para um novo sistema apoiado em tecnologias baseadas em energia renováveis (UNRUH, 2000, 2001).

Essas necessidades têm sido acompanhadas pela implementação de um conjunto de políticas públicas e de novos instrumentos de regulação, que vem impondo padrões de emissão para os veículos comercializados, ou ainda, por uma emergente classe de consumidores que optam por adquirir veículos com o apelo “amigável” ao meio ambiente (FREYSSINET, 2011).

Como resposta a este novo cenário competitivo, empresas fabricantes de veículos automotores e fornecedoras de componentes têm direcionado seus esforços em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a concepção e produção de veículos mais eficientes, menos poluentes e com menos impactos negativos ao meio ambiente (MELLO, MARX E SOUZA, 2013).

No âmbito das rotas tecnológicas possíveis que a indústria automobilística pode seguir, os veículos elétricos (VE) em suas diversas configurações tecnológicas – a bateria (VEB), híbridos (VEH) e a células a combustível (VEHCC)- têm se colocado como opção para este contexto de novas demandas.

Pode-se definir um veículo elétrico como aquele cuja propulsão de pelo menos uma de suas rodas ocorre por meio de um motor elétrico (CHAN, 2007; ABVE, 2014). A configuração mecânica proposta pelos veículos elétricos difere substancialmente dos veículos movidos ao motor a combustão interna (MCI), pois os veículos elétricos diminuem a pressão sobre a demanda por combustíveis fósseis durante seu uso, dado que utilizam a eletricidade para gerar movimento. Desta forma, quando a eletricidade é gerada por meio de fontes renováveis, este tipo de veículo reduz ou praticamente elimina a emissão dos gases de efeito estufa pelos automóveis (CHAN, 2007; ABVE, 2014)¹.

Não obstante tal possibilidade, ainda não há uma rota tecnológica definida que especifique padrões tecnológicos ideais para o funcionamento do veículo elétrico, fator este que tem dificultado a consolidação deste mercado de produção e consumo. Indefinições sobre o melhor material para produção das baterias, tempo de vida útil, autonomia de rodagem e tempo de abastecimento são apenas alguns dos desafios tecnológicos a serem sanados.

Claramente tais indefinições se caracterizam como janelas de oportunidades em aberto para aqueles que estiverem empenhados em adentrar neste segmento. Fato este que lança a questão: o Brasil teria condições de atuar no segmento dos veículos elétricos? Qual seria a dimensão desta atuação: como desenvolvedor de tecnologias e/ou apenas como produtor de VE? Este artigo avança ao olhar para uma das dimensões desta questão, a da geração de conhecimentos tecnológicos. O objetivo consiste em identificar e analisar o conhecimento científico e tecnológico desenvolvido nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) brasileiras que são (ou que possam ser) aplicados ao aprimoramento das tecnologias dos VEs.

¹ Uma análise mais completa precisa analisar todo o ciclo de vida de um veículo elétrico, considerando a matriz energética que alimentará este veículo.

Como estratégia de pesquisa, foi feita uma adaptação do método desenvolvido por Quadros *et al* (2014) para mapeamento de competências tecnológicas realizadas pelas ICTs a partir de consultas aos Grupos de Pesquisa (GP) registrados no Diretório de Grupos de Pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Brasil. Neste artigo, identificamos os GPs que desenvolvem algum tipo de expertise no tema correlato a VE, tendo sido aplicado um questionário com questões abertas e estruturadas, para cada um dos líderes destes GP.

O artigo encontra-se organizado em três seções, além desta introdução e das considerações finais. A seção 1 aborda questões conceituais referentes a emergência das novas tecnologias de propulsão, bem como analisa a dificuldade em romper com o aprisionamento junto à tecnologia dominante do motor a combustão interna. Este debate busca apresentar os conceitos de trajetória dependente (*path-dependence*), paradigma tecnológico e *lock-in* tecnológico. A seção 2 detalha as estratégias de pesquisa adotadas neste artigo para o mapeamento dos GP brasileiros que trabalham com os veículos elétricos no Brasil, ao passo que a seção 3 analisa os resultados encontrados. O artigo se encerra com reflexões sobre o desenvolvimento do veículo elétrico no Brasil, com ênfase sobre a dimensão das ICTs na geração de conhecimentos que possam ser aplicados a este segmento tecnológico.

CAMINHOS PARA CONSOLIDAR UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA SUSTENTÁVEL NA VIRADA DO MILÊNIO: O CASO DO VEÍCULO ELÉTRICO

As economias industriais ao longo do século XX ingressaram em um estado de aprisionamento junto a utilização dos combustíveis fósseis, representados principalmente pelo uso do petróleo. Este aprisionamento, em grande parte, é atribuído a ampla adoção pela indústria automobilística do motor a combustão interna como tecnologia dominante de propulsão veicular, o qual reflete um processo de dependência de trajetória, amplamente conceituado pela literatura como *path-dependence*.

O conceito de *path-dependence* apareceu nos trabalhos seminais de David (1985) e Arthur (1989) com o intuito de explicar trajetórias de tecnologias. O termo *path-dependence* pode ser traduzido como trajetória dependente ou dependência da trajetória, muito embora a literatura brasileira venha adotando o formato na língua inglesa. David (1985) utilizou o conceito de *path-dependence* para analisar a escolha do padrão de teclado QWERTY em detrimento do padrão DVORAK, argumentando que a escolha pelo padrão QWERTY ocorreu devido as interconexões na produção e na demanda do mercado de datilografia findadas no fim do século XIX, e não por questões de eficiência e praticidade de uso.

Outros trabalhos posteriormente transcenderam a esfera da tecnologia para explicar as trajetórias de desenvolvimento das instituições². Com base nos argumentos de Cowan e Hülten (1996), o caminho responsável por um estado de *path-dependence* geralmente inicia-se com um determinado evento ou uma sequência de eventos. Uma vantagem inicial que uma tecnologia proporciona pode vir a desencadear o efeito “bola de neve”, que impulsiona outras empresas a adotar determinada tecnologia. Como causas do *path-dependence*, North (1990, p. 94) argumenta

“os custos fixos significativos, provocando uma redução expressiva dos custos à medida que a produção aumenta; os efeitos de aprendizagem; os efeitos de coordenação, derivados da cooperação entre agentes que enfrentam o mesmo tipo de situação; e as expectativas adaptativas”.

² Ver, a esse respeito, North (1990, 1994, 2005).

Shikida e Perosa (2012) complementam a argumentação do *path-dependence* destacando a não aleatoriedade das escolhas tecnológicas:

“a ideia, base para o entendimento da proposta da dinâmica do progresso técnico da firma é que a busca por novas rotinas e trajetórias tecnológicas não é randômica nem aleatória, seguindo alguns elementos que permitem que as apostas não sejam *ad hoc*, mas considera a cumulatividade do conhecimento, o aprendizado, entre outros elementos que guiam as escolhas (como interações organizacionais), de forma que a história importa. Ou seja, as empresas descartam rotinas antiquadas, incorporam novas, outras são aprendidas e/ou apreendidas”

Uma vez escolhido o caminho que uma tecnologia irá seguir, há a atuação dos mecanismos auto-reforçantes, exemplificados pelas combinadas interações entre sistemas tecnológicos e instituições de suporte, gerando um estado de aprisionamento tecnológico, também traduzido por *lock-in* tecnológico. A partir deste ponto, a mudança para um novo padrão tecnológico se torna algo complexo, pois implica que há muitas forças que dificultam mudanças para novos padrões de sistemas técnico-institucionais e a configuração de novas trajetórias tecnológicas (UNRUH, 2000, 2001).

O caso do motor a combustão interna ilustra esta dependência junto a uma trajetória tecnológica específica. No início do século XX eram três as possibilidades de motores a serem aplicados na indústria automobilística, são eles: 1) o motor a vapor; 2) os conversores eletromecânicos de energia (motores elétricos); e 3) os motores a combustão interna.

Os três tipos de tecnologia de movimento veicular apresentavam desafios de cunho técnico e operacional a serem superados. Porém, o motor a combustão interna foi o tipo de tecnologia que apresentou de maneira mais rápida as soluções para seus entraves. No quesito desempenho, Mowery e Rosenberg (2005, p.63) argumentam que “o motor a combustão interna obteve os desenvolvimentos tecnológicos mais expressivos, um reflexo da facilidade e dos métodos de fabricação dos componentes de um motor a combustão interna”.

Em 1920, o motor a combustão interna já se constituía como paradigma tecnológico de propulsão veicular³. Paradigma tecnológico, neste caso, pode ser traduzido como um modelo ou um padrão adotado de uma determinada tecnologia (Dosi, 2006).

Os cinquenta anos seguintes a 1920 caracterizam-se como o período de consolidação do sistema tecnológico⁴ e de criação do estado de *path-dependence* que envolve o motor a combustão interna. Este *path-dependence* tecnológico também possui o caráter de exclusão das tecnologias concorrentes (DOSI, 2006). Ao passo que a tecnologia dominante vai se consolidando, os custos de transação de uma tecnologia para outra aumentam e faz com que os produtores e fabricantes descartem as demais possibilidades tecnológicas.

E foi exatamente isso que aconteceu com os veículos movidos a propulsão elétrica. O período compreendido entre 1920 e 1973 é usualmente caracterizado pelo desaparecimento do veículo elétrico rodoviário, seja no âmbito de sua P&D como da sua produção e comercialização no cenário mundial. Sua retomada apenas ocorrerá após os anos de 1970, quando o uso dos motores a combustão interna passa a ser debatido e questionado. Três fatores contribuíram para este maior questionamento, impulsionando a busca por soluções alternativas de

³ Em 1924, ao passo que 391 automóveis dotados de motores elétricos foram produzidos nos Estados Unidos, o correspondente para o mesmo ano do motor a combustão interna foi de 3.185.490 automóveis

⁴ Entendendo-se como sistema tecnológico, “um conjunto de tecnologias inter-relacionadas conectadas em uma rede composta por elementos físicos, sociais e informacionais” (UNRUH, 2000, p.819).

motorização. O primeiro deles refere-se ao choque do petróleo em 1973 e os graduais aumentos dos preços dos combustíveis fósseis, que acabaram tanto por encarecer o custo de rodagem de um automóvel dotado de um motor a combustão interna como para questionar a dependência geopolítica acerca deste tipo de recurso natural. O segundo refere-se ao pano de fundo dos debates e acordos políticos pautados pela agenda ambiental na década de 1970⁵. Por fim, o terceiro fator envolve a questão da saúde pública no que tange aos problemas causados pela emissão de poluentes vindos dos veículos com motor a combustão interna nas cidades⁶.

Como resultado destes estímulos e condicionantes verificados a partir dos anos 1970, um grupo de países desenvolvidos, representados principalmente por Estados Unidos, Japão e França, passaram a formular e implementar um conjunto de ações e iniciativas em prol da retomada da produção e comercialização dos veículos elétricos, principalmente os automóveis. As ações foram dadas principalmente pelos Estados Unidos, Japão e por alguns países pertencentes ao continente europeu (COWAN & HÚLTEN, 1996; HOYER, 2008; ANDERSON & ANDERSON, 2010).

Tais políticas e ações adotadas em prol do veículo elétrico não engendraram os mecanismos necessários e, conseqüentemente, não resultaram em uma participação expressiva das vendas de veículos elétricos frente aos veículos tradicionais no século XX. Esta constatação, evidenciada por Barassa (2015), está estritamente ligada à complexidade em superar a condição do *lock-in* tecnológico que se formou em torno do motor a combustão interna e de toda a rede de atores envolvidos.

Não obstante, o cenário compreendido entre os primeiros anos do século XXI fornecem pistas de um novo quadro em que o veículo elétrico possui maior expressão e relevância. Em 2013 foram vendidos cerca de 1.7 milhão de veículos elétricos (a bateria e híbridos) no mundo, valor este que representa uma participação de 2,8% das vendas globais de veículos, um salto representativo haja vista que em 2009 a participação foi de 1,2% e em 2006 foi de 0,6% (COUTINHO, CASTRO, FERREIRA, 2010).

Ao passo que o veículo elétrico vem se apresentando como uma alternativa promissora, algumas barreiras e desafios persistem para o segmento. Considere que ainda não há uma rota tecnológica definida que sirva de parâmetro e oriente as empresas do setor no sentido da produção de componentes e veículos. Cada configuração disponível de veículo elétrico e seus componentes apresentam vantagens e desvantagens em relação aos demais tipos e ainda não é possível afirmar a existência de uma configuração ótima ou de um modelo superior (IEA, 2013; ABVE, 2014).

Ao mesmo tempo, o setor enfrenta desafios para sua viabilidade comercial uma vez que os veículos elétricos passam por um processo de aceitação por parte dos consumidores, tendo em vista as diversas diferenças técnicas em relação ao veículo à combustão interna convencional, tais como autonomia de rodagem e disponibilidade de fontes de abastecimento (eletropostos e sua difusão). Além disso, existe a problemática dos custos iniciais elevados de produção que acabam por encarecer os veículos elétricos frente aos veículos convencionais (IEA, 2013; COALITION, 2013).

⁵ Temos a Primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo em 1972, que deu origem ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, ou *UNEP*⁵ na sigla em inglês), órgão de suma importância para discussão e resolução de problemas da agenda ambiental. Ao mesmo tempo houve a publicação de trabalhos seminiais, como o relatório Limites do Crescimento, publicado pelo Clube de Roma (MEADOWS *et al.*, 1973).

⁶ Ver, a esse respeito, Saldiva (2008) e Arbex (2013).

É no âmbito destas indefinições que as regulações governamentais tem se mostrado especialmente importantes para fornecer um ambiente adequado de promoção e apoio (pela demanda e pela oferta) às tecnologias que se mostrem como novas no mercado e estão permeadas por um conjunto de riscos e incertezas acerca do seu sucesso comercial (WALTZ, SCHLEICH E RAGWITZ, 2008).

Os fatos expostos em torno das dificuldades e desafios para o veículo elétrico nos leva a argumentar que o desenvolvimento desta tecnologia não depende somente dos esforços das empresas que compõem o setor automobilístico, mas de um conjunto de organizações que transcendem a esfera corporativa, tais como o Estado, as instituições e o conjunto de conhecimentos que suporta este processo.

Reforça a importância do investimento em P&D de veículos elétricos a oportunidade aberta para que o Brasil consiga se consolidar como ator neste mercado automobilístico internacional, não somente como produtor de veículos, mas essencialmente como desenvolvedor de tecnologias. Como o mercado permanece, por enquanto, pouco explorado pela maior parte da indústria automotiva e com várias indefinições tecnológicas acerca de seu funcionamento, a existência dessa “janela de oportunidades” não deveria ser desperdiçada por um país que almeja figurar entre os grandes nomes do setor automotivo mundial. No entanto, para que isso ocorra, é de extrema importância que haja um alto grau de envolvimento entre as ICTs e as empresas, levando-se em conta que ambas necessitam ser amparadas por políticas públicas claras e objetivas, que as conduzam de maneira competitiva no cenário internacional (MAZON, CONSONI E QUINTÃO, 2013). Afinal, os desafios tecnológicos que se impõem frente a esta nova oportunidade tecnológica, que embora se mostre promissora acerca da sua estrutura, traz muitas indefinições.

METODOLOGIA

Para o mapeamento das competências existentes em ICTs brasileiras, com excelência na condução de pesquisas e de geração de conhecimento aplicáveis aos veículos elétricos, foi realizada uma consulta parametrizada na base corrente do site do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)⁷, a partir da adaptação de metodologia desenvolvida por Quadros *et al* (2014).

O primeiro passo consistiu em definir palavras-chave recorrentes na literatura consultada (BARASSA, 2015; CHAN, 2007; CHAN, 2014; DINGER *et al*, 2010; MAZON *et al*, 2013; MELLO *et al*, 2013; ROCCO, 2010; van ESSEN e KAMPMAN, 2011) pertinentes ao tema proposto pela pesquisa tais como: Bateria, Carregadores de Baterias, Carro Elétrico, Eletroposto, Energia Elétrica, Indústria Automotiva, Íon-lítio, Mobilidade Elétrica e Veículo Elétrico (em ordem alfabética).

Após a definição destes termos, realizou-se a busca no diretório junto aos GP nos meses de novembro e dezembro de 2014 e janeiro de 2015. Cada termo escolhido foi pesquisado separadamente, considerando todas as palavras possíveis de serem encontradas nos parâmetros: Nome do Grupo, Nome da Linha de Pesquisa, e Palavra-Chave da Linha de Pesquisa. Vale ainda ressaltar que foram listados tanto grupos certificados quanto não-atualizados. Grupos certificados apresentaram alguma atualização nos últimos 12 meses; Grupos Não-atualizados são aqueles que não receberam nenhuma atualização há mais de 12 meses.

⁷ Ver, a esse respeito, <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>

Decorreram da busca alguns problemas quanto à identificação dos grupos de pesquisa em temas correlatos ao veículo elétrico, em especial para os grupos encontrados com as palavras-chave "Bateria", "Energia Elétrica" e "Indústria Automotiva". Foram identificados cerca de 75 GP, porém nem todos conduzem pesquisas com o veículo elétrico. Portanto, foi necessário a aplicação de um filtro que consistiu na análise individual de cada grupo, observando: (1) Repercussões do Grupo, descritas pelos próprios integrantes; (2) Linhas de Pesquisa, e (3) o Currículo *Lattes* do (s) líder (es) do grupo, por conta de pareceres mais técnicos nas descrições, ou mesmo, da falta de informações.

Dá-se assim origem a uma nova configuração, formada por 23 GP que mantém conexão direta com o desenvolvimento de tecnologias para veículos elétricos. Com esta nova amostra, de 23 GP, deu-se início à segunda etapa da pesquisa, que consistiu no contato com estes grupos a fim de melhor qualificarmos as atividades realizadas pelos GP.

Primeiramente, foram feitas tentativas de contato via telefone, visando o diálogo com o líder do grupo de pesquisa. Caso não encontrado por telefone em um primeiro momento, mais duas tentativas eram feitas e se mesmo assim o pesquisador não fosse encontrado, ou não pudesse responder, ou o telefone não completasse a chamada, esse contato inicial era ignorado e passava-se então diretamente para a o segundo meio de abordagem junto ao GP, o eletrônico.

Com os endereços de e-mail obtidos no site do Diretório do CNPq e, quando possível, ratificado pelo líder do grupo, foi enviado um texto padrão com uma explicação detalhada sobre a pesquisa. Nesta abordagem, o líder do GP era convidado a, primeiro, validar as informações encontradas no Diretório de GP do CNPq e, segundo, a responder a um roteiro de questões sobre:

- (a) pesquisas ligadas ao tema do veículo elétrico que vem sendo desenvolvidas;
- (b) potencial de aplicação destas pesquisas;
- (c) principais avanços e contribuições no campo do conhecimento na comparação com outros grupos de pesquisa (nacionais e internacionais);
- (d) principais dificuldades para o avanço destas pesquisas no ramo do veículo elétrico no Brasil;
- (e) detalhamento acerca de eventuais contratos ou outras formas de parceria com empresas privadas no tema do veículo elétrico estabelecidos pelo GP;
- (f) projetos de pesquisa e apoios financeiros recebidos;
- (g) patentes.

Este roteiro de questões se encerra com uma questão do tipo "Bola de Neve" (*snowball*, conforme ATINKSON e FLINK, 2001) em que foi solicitado ao pesquisador que indicasse outros pesquisadores de excelência no Brasil com estudos e projetos no campo dos veículos elétricos ou com potencial de aplicação, para que pudessemos contatá-los.

Assim, dos líderes dos 23 GP identificados pelo Diretório e contados em uma primeira rodada, recebemos seis respostas com sugestões de novos entrevistados, que também foram abordados. Ao todo, foram mapeados 31 GP – todos eles foram contatados e obtivemos nove respostas ao questionário.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: GP BRASILEIROS COM COMPETÊNCIAS NO TEMA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

A tabela 1 apresenta a relação dos 31 GP, conforme busca realizada no Diretório do CNPq e indicações Bola de Neve pelos grupos entrevistados, que mantém conexão direta com o desenvolvimento de tecnologias para veículos elétricos.

Tabela 1: Grupos de Pesquisa sobre Veículos Elétricos por palavra chave e mecanismo de busca (Nov/Dez de 2014 e Jan de 2015)

Palavra-Chave/ "Bola de Neve"	Nº	Descrição dos Grupos por Nome de Registro
Bateria	10	1. Estudo e Pesquisa em Eletroquímica e Energia 2. Físico-Química 3. Grupo de Desenvolvimento em Energias Renováveis 4. Grupo de Eletroquímica 5. Grupo de Materiais Condutores e Energia 6. Grupo de Pesquisa em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia 7. Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica 8. Materiais e Eletroquímica Aplicada 9. NAEP - Núcleo de Automação e Eletrônica de Potência 10. Pilhas e Baterias
Carro Elétrico	2	1. Eletromagnetismo Aplicado 2. Grupo de Pesquisa em Eletrônica de Potência
Energia Elétrica	3	1. GMESEC - Grupo de máquinas elétricas, sistemas eletrônicos e de comunicação 2. Energia e Nanotecnologia 3. Acionamento Eletrônico de Máquinas Elétricas
Mobilidade Elétrica	1	1. Eletromagnetismo Aplicado
Veículo Elétrico	12	1. Design para Sustentabilidade 2. Gestão de energia, máquinas e manutenção 3. Grupo de Pesquisa em Eletrônica de Potência 4. Grupo de Pesquisa em Eletrônica de Potência e Qualidade de Energia 5. NAEP - Núcleo de Automação e Eletrônica de Potência 6. Pilhas e Baterias 7. Smart Grids e Qualidade da Energia Elétrica 8. TESLA - Engenharia de Potência 9. Controle, automação e eficiência energética para o ensino 10. Grupos de estudo em eficiência energética 11. Grupo de Pesquisa em Automação e Robótica - GPAIROM 12. Grupo de Projeto, Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico de Sistemas Mecatrônicos e Automáticos
Grupos Indicados pela questão "Bola de Neve"	8	1. Energia 2. Energia e Meio Ambiente 3. Pesquisador Celso Novais (GP sem nome cadastrado) 4. Energia 5. Grupo de Eletrocatalise e Eletroquímica Ambiental de Ribeirão Preto 6. Células a Combustível tipo PEMFC 7. Materiais Nanoestruturados para Eletrocatalise e Conversão de Energia 8. Pesquisador Ângelo Massatoshi Ebesui (GP sem nome cadastrado)
Total	36	

Fonte: Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, 2014. Elaboração própria.

No que se refere às áreas do conhecimento, pode-se destacar a predominância, de maneira geral, das engenharias, em suas múltiplas competências, conforme evidencia a tabela 2. Esta constatação nos leva a afirmar que a evolução dessa tecnologia se dará necessariamente pelas mãos das ciências exatas.

Tabela 2: Áreas de Conhecimento contidas nos Grupos de Pesquisa encontrados

Área do Conhecimento	Quantidade de Grupos
Ciências Exatas e da Terra; Química	8
Ciências Sociais Aplicadas; Desenho Industrial	1
Engenharias; Engenharia Civil	1
Engenharias; Engenharia de Energia	1
Engenharias; Engenharia de Materiais e Metalúrgica	2
Engenharias; Engenharia Elétrica	11
Engenharias; Engenharia Mecânica	5
Engenharias; Engenharia Química	2
Total	31

Fonte: Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, 2014. Elaboração própria.

Sobre os tipos de ICTs, o grande destaque do desenvolvimento continua nas Universidades, que representam mais da metade da concentração dos esforços para o desenvolvimento do veículo elétrico. As Universidades abrigam 18 dos grupos de pesquisa, enquanto que os Institutos de Pesquisa abrigam 11 e os Centros de Ensino (neste caso, os CEFETs) outros dois grupos, a maioria concentrado nas regiões Sul e Sudeste do país, com destaque para um GP localizado no Amazonas.

Tabela 3: Identificação dos tipos de ICTs e distribuição por estados no Brasil

	Centro de Ensino	Instituto de Pesquisa	Universidade
Amazonas	-	-	1
Espírito Santo	-	1	1
Minas Gerais	2	-	2
Paraná	-	3	-
Rio de Janeiro	-	2	5
Rio Grande do Sul	-	1	1
Santa Catarina	-	2	-
São Paulo	-	2	8
Total	2	11	18

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, 2014. Elaboração própria.

O contato com os 31 GP, e a aproximação com nove GP que responderam ao roteiro de questões, permitiu qualificar melhor as atividades de pesquisa sobre o tema do VE. A tabela 4 identifica os GP que responderam ao questionário.

Tabela 4: Grupos de Pesquisa que responderam ao questionário (2015)

	Centro de Ensino	Instituto de Pesquisa	Universidade
Design para Sustentabilidade		X	
Pilhas e Baterias		X	
Controle, Automação e Eficiência Energética para o ensino		X	
Eletromagnetismo Aplicado			X
Físico-Química			X
Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica			X
GMESEC - Grupo de máquinas elétricas, sistemas eletrônicos e de comunicação			X
Grupo de Eletrocatalise e Eletroquímica Ambiental de Ribeirão Preto			X
Células a Combustível tipo PEMFC		X	
Total	0	4	5

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, 2014. Elaboração própria.

A partir dos dados coletados, foi possível separar os GPs em dois grandes grupos: o primeiro, que contempla dois GPs, trabalha em suas pesquisas com o intuito de desenvolver algum tipo de VE, como é o caso do grupo Design para Sustentabilidade do Instituto Nacional de Tecnologia, que está desenvolvendo um VE para pequenas cargas. O outro grupo, composto por outros sete GPs, desenvolvem tecnologias para aprimoramento ou desenvolvimento de um VE, especialmente nas áreas da química e da engenharia elétrica, como pode-se notar nos trabalhos do grupo Controle, Automação e eficiência Energética para o ensino do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, que desenvolve um projeto para a motorização elétrica de um veículo urbano para cadeirantes, utilizando como fonte de abastecimento a energia solar.

De forma geral, tais pesquisas podem ser classificadas como isoladas e pontuais, já que nenhum GP realmente pareceu emplacar alguma iniciativa que pudesse impulsionar a cadeia produtiva nacional de VEs. São todos projetos, conforme relatado pelos líderes dos GPs, são bem sucedidos em suas propostas, mas a maioria em fase inicial de pesquisa. Soma-se a isso o fato de apenas um GP ter obtido uma patente no Brasil, relacionada a dispositivos de baixo consumo de energia. Um outro grupo afirmou ter vários pedidos de patentes em análise no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sobre a preparação de eletrocatalisadores, eletrólitos e conjuntos eletrodo/membrana. Outro grupo, ainda, disse ter expectativa da geração de patentes no futuro próximo; os demais seis grupos não visualizam esta possibilidade.

A internacionalização destes GP é outra meta a ser alcançada, apenas um grupo, vinculado a Universidade de São Paulo, declarou ter contato com GPs nacionais e de fora do Brasil. Os demais detalharam estarem predominantemente focados em suas próprias pesquisas, em especial, nos resultados que têm obtido com o passar do tempo e com significativa contribuição na formação de mão de obra especializada para atuar na área.

Um ponto em comum relatado pelos GP refere-se a dificuldade em obter investimento, tanto por parte do poder público quanto da iniciativa privada, fato que tende a comprometer a continuidade destes trabalhos. Parcerias com empresas privadas, que poderiam ser uma fonte de renda para os grupos, são pontuais e se centram no desenvolvimento de projetos

específicos. Os grandes financiadores de projetos continuam sendo as agências como o CNPq, as Fundações de Amparo a Pesquisa Estaduais, e o Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), que obtém financiamento a partir da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). No entanto, três dentre os nove GPs entrevistados afirmaram não ter nenhum tipo de financiamento.

A legislação brasileira, somada a questão da burocracia, também foi apontada por alguns GPs como impondo resistências ao avanço das pesquisas. Especificamente, os pesquisadores se referem às dificuldades na aquisição de peças e componentes necessários ao projeto, em especial quando envolvem importação, assim como de autorização para a realização de testes com VEs nas ruas, que necessitariam de permissão emitida pelos Departamentos Estaduais de Trânsito (Detran).

O fato de não termos consolidado uma estrutura de mercado e de consumo para VE no Brasil, e convivermos com uma política bastante consistente de apoio à pesquisa e desenvolvimento do combustível etanol à base de cana de açúcar, também apareceu nas respostas dos entrevistados como aspectos que não estimulam pesquisas neste campo de conhecimento, isto é, dos veículos elétricos ou áreas correlatas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Veículos movidos a eletricidade ainda não configuram uma realidade no Brasil – no ano de 2013 foram vendidas menos de 500 unidades de VE no país segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2014). Mas esta não é uma realidade própria do Brasil; no mundo todo, as vendas de veículos elétricos ainda não entraram em escala industrial. O motivo é que ainda há inúmeras indefinições tecnológicas para que se alcance a viabilidade comercial deste veículo, cujas tecnologias ainda se encontram em fase de desenvolvimento e buscam romper com o *lock-in* do uso de combustíveis fósseis, ainda dominante. Não obstante, o veículo elétrico tem se mostrado como uma importante alternativa para o caso da motorização que se utiliza da combustão interna a base de combustíveis fósseis, que são bastante poluentes e nocivos à saúde e ao meio ambiente; considere que o veículo elétrico puro não emite nenhuma poluição durante seu uso. Mas, como se trata de um produto cuja tecnologia ainda não está totalmente desenvolvida, não deixa de ser uma oportunidade em aberto para países que consigam se inserir neste nicho de mercado. Questões como estas orientaram a realização deste artigo, que foi conhecer o que as ICTs brasileiras desenvolvem em termos de conhecimento que possa ser aplicado no desenvolvimento de tecnologias para o VE.

Para responder a esta questão, foram mapeados grupos de pesquisa brasileiros com competência no tema dos VEs. Notou-se uma frágil interação entre os grupos, com pesquisas pouco direcionadas para o mercado e, menos ainda voltadas para a promoção de uma cadeia produtiva de um VE nacional. Foi possível observar dentre as atividades conduzidas por estes GP, ações de pesquisa de base ou aplicada que representam, sim, avanços no cenário atual, mas que demandariam uma robusta interação entre as ICTs e as empresas, além de esforços do governo com políticas de incentivo para trazer mudanças para este cenário do VE local. O reduzido número de patentes é indicador de um fraco desempenho tecnológico nacional neste campo do conhecimento e a baixa intensidade da interação com empresas.

A abordagem junto aos líderes dos GP sugere que o cenário brasileiro ainda tem muito a evoluir até que alcance uma posição de grande desenvolvedor de VEs, já que, segundo os entrevistados, o governo e a iniciativa privada apresentam pouco interesse em investir em pesquisas nessa área. Além disso, a própria burocracia e a falta de incentivos governamentais, acabam dificultando ainda mais o alcance desta meta.

Enquanto o Estado, por meio de políticas públicas, e as empresas, por meio do desenvolvimento tecnológico, não se posicionarem como protagonistas do processo de desenvolvimento de uma cadeia de produção de um VE nacional, compartilhando desta responsabilidade com as ICTs brasileiras, o mercado de VEs nacional não se desenvolverá nem será competitivo em relação aos demais países que se empenham em desenvolver este produto.

Por fim, é importante destacar que esta pesquisa possui caráter exploratório e não tem como objetivo generalizações, haja vista que nem todos os grupos de pesquisa sobre veículos elétricos puderam ser alcançados, mesmo com as técnicas utilizadas nesta pesquisa. Além disso, menos da metade dos grupos contatados (apenas nove, dentre os 31 GP mapeados) devolveram o roteiro de questões, evidenciando, assim, que ainda há muito que se avançar nestas pesquisas no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABVE (2014) - Associação Brasileira do Veículo Elétrico. **O que é um veículo elétrico?**. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/PF/ExibePF.asp?codigo=0001>>. Acesso em: 07 ago. 2014.
- Anderson, J., Anderson, C.D. (2010), **Electric and Hybrid Cars: A History**. London, UK: McFarland & Co.
- Arbex, M. et al. (2012), A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. bras. pneumol**, São Paulo, v. 38, n. 5. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 19 Mar. 2015.
- Arthur, B. (1989), Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events. Stanford University (CA), **The Economic Journal**, v. 99, n. 394, p. 116-131.
- Atinkson, R.; Flint, J. (2001), Accessing hidden and hard-to-reach populations: snowball research strategies. **Social Research Update**, 33.
- Barassa, E. **Trajatória Tecnológica do Veículo Elétrico: Atores, Políticas e Esforços Tecnológicos no Brasil**. (2015) Dissertação (Mestrado), Campinas - Curso de Pós- Graduação em Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Política Científica e Tecnológica.
- Chan, C. C. (2007), The state of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. **Proceedings of the IEEE**. 95 (4), pp. 704-718.
- Chan, Jian, L.; Tu, D.(2014) Smart charging of electric vehicles - integration of energy and information. **IET Electrical System in Transportation**, pp. 1-8,
- COALITION, E. (2015), **State of the Plug-in Electric Vehicle Market: EV Market Outlook**. Disponível:<http://www.electrificationcoalition.org/sites/default/files/EC_State_of_PEV_Market_Final.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2015
- Coutinho, L.; Castro, B.; Ferreira, T. Veículo elétrico, políticas públicas e o BNDES: oportunidades e desafios. Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Rio de Janeiro. IN: **Cadernos: Fórum Nacional 10**, pp. 30-49. 2010.
- Cowan, R., Hultén, S. (1996), Escaping Lock-in: The Case of Electric Vehicle. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 53, pp. 61-79.
- David, P. (1985), Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review Papers and Proceedings*, Princeton, New Jersey, v. 75, n. 2, p. 332-337.
- Dinger, A. et al. (2010), Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020. **The Boston Consulting Group**. 18 p.
- Dosi, G. (2006), **Economic development from the perspective of evolutionary economic theory**. Tallinn University of Technology: Norway, Tallinn. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics n.2, The Other Cannon Foundation.
- van Essen, H.; Kampman, B. (2011), Impacts of Electric Vehicles. **CE Delft**. Disponível em: <<http://climate-l.iisd.org/news/european-commission-publishes-study-on-electric-vehicles/>> Acesso em: 22 de julho de 2014.
- Freyssenet, M. (2011), Three possible scenarios for cleaner automobiles. **Int. J. Automotive Technology and Management**, 11 (4), pp. 300-311.

Hoyer, K. (2008), The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. **Utilities Policy**, 16(2), pp.63--71.

IEA (2014), **Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020**. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/globalevoutlook_2013.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2014.

Mazon, M.T.; Consoni, F. L.; Quintão, R. (2013), Perspectivas para a implantação do veículo elétrico no Brasil: uma análise a partir do Sistema Nacional de Inovação e das redes colaborativas de C&T, In: **XV ALTEC Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão de Tecnologia**, 16pp.

Meadows, D. *et al.* (1973). **Limites do crescimento**, SP: Editora Perspectiva AS.

Mello, A. M., Marx, R., Souza, A. (2013), Exploring scenarios for the possibility of developing design and production competencies of electrical vehicles in Brazil, **Int. J. Automotive Technology and Management**, 13 (3), pp. 289-314.

Mowery, D. C. e Rosenberg, N. (2005), Trajetórias da Inovação – mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX. **Clássicos da Inovação**. Editora da Unicamp (original de 1998), Introdução e cap. 1.

North, D. C. (1990), **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 152.

_____. (1994), **Custos de transação, instituições e desempenho econômico**. Rio de Janeiro: Instituto Liberal: p. 38.

_____. (2005), Institutions and the performance of economies over time. In: MÉNARD, C. e SHIRLEY, M. M. (Edts.). **Handbook of New Institutional Economics**. Springer: p. 21-30.

Quadros, R.; Vieira, G.; Consoni, F. L.; Quintão, R. (2014), Choosing accurately: competitive intelligence on prospecting partners for technological cooperation. **RAI - Revista de Administração e Inovação**, 11(3), pp. 323-346

Rocco, A. M. (2010). Carros elétricos e as baterias de íon lítio: estado atual de desenvolvimento e perspectivas tecnológicas. Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Rio de Janeiro. Cadernos: Fórum Nacional 10, pp. 192-213

Saldiva, P. (2008), Nossos doentes pneumopatas e a poluição atmosférica. **J. bras. pneumol.**, São Paulo, v. 34, n. 1, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132008000100001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 19 Mar. 2015, às 23:44:54.

Shikida, P. F. A.; Perosa, B. B. (2012) Álcool combustível no Brasil e path dependence. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 243-262. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032012000200003&lng=en&nrm=iso>. access on 25 May 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000200003>.

Unruh, G. (2000), Understanding Carbon Lock-in. **Energy Policy**, 28,817–830. 2000.

_____. (2001), El complejo tecno-institucional: un marco para analizar la aparición de sistemas energéticos basados en el hidrogeno. **Revista Interdisciplinar de Gestión Ambiental**, 4/42.

Waltz, R., Schleich, J., Ragwitz, M. (2008), **How regulation influences innovation: an indicator based approach for the case of renewable energy technologies**, in Globelics, Paper presented in the VI Globelics Conference at Mexico City, September 22-24, 32p.