

Investigação sobre a organização do trabalho para a inovação e transição tecnológica no setor elétrico brasileiro

Investigating work organization for innovation and technological transition in the Brazilian power sector

Guilherme Amaral¹
Roberto Marx¹
Mario Salerno¹

Resumo: Este artigo tem como objetivo caracterizar a estrutura organizacional para a inovação em empresas do setor elétrico de acordo com a literatura relacionada à transição tecnológica e à organização do trabalho para a inovação. Por meio de estudos de caso, identificou-se que maioria das empresas estudadas apresenta estruturas organizacionais mais aptas a lidar com regimes tecnológicos estabelecidos. Entretanto, a crescente demanda da sociedade pela sustentabilidade dos sistemas energéticos coloca ao setor elétrico um enorme desafio que exigirá das empresas do setor grandes esforços em Pesquisa & Desenvolvimento para a inovação tecnológica. Argumenta-se que empresas organizadas sob a lógica adocrática são mais aptas a lidar com os desafios da transição rumo à sustentabilidade imposta ao setor elétrico

Palavras-chave: Gestão da inovação; Transição tecnológica; Inovação; Sustentabilidade.

Abstract: *This article aims to characterize the organizational structure for innovation in electric utilities according the literature related to technological transition and work organization for innovation. Case studies showed that most companies have presented more suitable organizational structures to deal with established technological regimes. However, the growing demand of society for sustainable energy systems poses a great challenge to the power industry, as these require great efforts in R&D for radical technological innovation from the companies in the sector. It is argued that companies organized under adocracy are better able to cope with the challenges of the transition towards sustainability imposed on the electricity sector.*

Keywords: *Innovation management; Technological transition; Innovation; Sustainability.*

1 Introdução

A crescente demanda da sociedade pela sustentabilidade dos sistemas energéticos coloca ao setor elétrico um enorme desafio que demandará um verdadeiro processo de transição tecnológica em todo o sistema (Raven et al., 2009). Esse processo exigirá das empresas do setor grandes esforços em Pesquisa & Desenvolvimento para a inovação tecnológica (Kemp, 1994; Raven et al., 2009; Organisation for Economic Development, 2010). No Brasil, os esforços em P&D para responder às pressões da sociedade por tecnologias sustentáveis aplicadas ao setor são coordenados pelas empresas concessionárias em torno da regulação da ANEEL. Entretanto, a despeito dos vultosos recursos envolvidos, que por lei representam 1% da Receita Operacional Líquida das empresas do setor, estudos apontam para a baixa eficiência dos projetos

quando avaliados os impactos no desenvolvimento e na aplicação de novas tecnologias (Bin et al., 2015; Amaral, 2012; Pompermyer et al., 2011).

Diversas são as razões encontradas por pesquisadores para explicar a baixa eficácia dos programas de P&D. Dentre elas, pode-se destacar os desafios de gestão e organização do trabalho para lidar com projetos de inovação por parte das empresas (Bin et al., 2015). Dessa forma, torna-se pertinente se questionar como as empresas do setor elétrico brasileiro têm se estruturado para lidar com os desafios da transição tecnológica? Este trabalho tem como objetivo contribuir para uma resposta a esta questão ao caracterizar o processo de organização do trabalho para a inovação em empresas do setor.

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica – Poli, Universidade de São Paulo – USP, Av. Prof. Almeida Prado, 128, CEP 05508-070, São Paulo, SP, Brasil, e-mail: guisgamaral@usp.br; robemarx@usp.br; msalerno@usp.br

Recebido em Set. 22, 2015- Aceito em Maio 5, 2016

Suporte financeiro: Nenhum.

Este artigo traz duas contribuições para a literatura. Busca-se suprir uma lacuna existente sobre o processo de transição tecnológica ao estabelecer uma ponte entre os estudos sobre o tema e estudos sobre gestão do trabalho para a inovação. Essa lacuna é identificada por autores que, utilizando-se de análises bibliométricas, argumentam que diversos estudos abordam os padrões assumidos pela transição em sistemas tecnológicos, bem como os enormes desafios à sua gestão, entretanto faltam estudos aprofundados nos campos da gestão para contribuir com os esforços para a transição rumo à sustentabilidade dos processos produtivos (Markard et al., 2012).

Outra contribuição deste artigo refere-se à caracterização do processo de transição tecnológica no setor elétrico, que, por suas especificidades, demandará novos arranjos organizacionais nas empresas concessionárias, que devem se estruturar para lidar com a gestão de inovações que contribuam para tal processo. É reconhecida pela literatura acadêmica a importância do projeto organizacional para a inovação (Tushman & O'Reilly, 1996; Salerno, 2004; Lam, 2005; Worley & Lawler, 2006; Biazzo, 2009; Marx et al., 2012).

Há, portanto, um conjunto de desafios teóricos que se colocam para a reflexão sobre a natureza e a profundidade das mudanças que as organizações enfrentarão para lidar com a transição tecnológica, e como esse processo demandará mudanças organizacionais nos setores envolvidos nesse processo.

Depois desta introdução, o próximo tópico buscará caracterizar a demanda social para a transição tecnológica no setor elétrico, o que justifica a necessidade do desenvolvimento de estudos sobre a organização do trabalho para aumentar a efetividade dos esforços para a inovação no setor.

Em um terceiro momento, será apresentado o debate sobre a transição tecnológica e os conceitos relacionados à gestão estratégica de nichos. O objetivo deste tópico é caracterizar o processo pelo qual passa o setor elétrico como um verdadeiro processo de transição tecnológica em um sistema sociotécnico. Este processo demandará uma abordagem organizacional para a inovação no setor que se relaciona mais à gestão de inovações radicais do que à tradicional gestão de projetos e o desenvolvimento de produtos com inovação incremental. O que será aprofundado no quarto tópico, no qual é desenvolvido o modelo teórico baseado no trabalho de Marx (2011) a ser testado por este estudo de que as empresas do setor elétrico brasileiro não estão se organizando de forma adequada para lidar com os desafios postos pela transição tecnológica demandada pela sociedade, o que pode explicar em parte a baixa eficácia dos programas de P&D destas empresas.

O estudo de caso, a metodologia e uma discussão dos resultados serão apresentados no quinto tópico.

Por fim, no sexto e último tópico, apresentam-se as conclusões, implicações e lacunas que devem ainda ser exploradas em pesquisas futuras que tenham como motivação contribuir para a eficácia do processo de transição rumo à sustentabilidade do sistema elétrico brasileiro.

2 Os desafios da transição tecnológica rumo à sustentabilidade no setor elétrico

A transição tecnológica surge como uma demanda ao setor elétrico por meio das pressões para o desenvolvimento de um novo sistema baseado em tecnologias sustentáveis. Apesar de representar somente 17% do consumo final de energia, o setor elétrico é responsável por grande parte das emissões de CO₂ no mundo, respondendo por 32% das emissões totais de acordo com a “International Energy Agency (IEA)” (Organisation for Economic Development, 2010). De acordo com a agência, em um cenário em que não haja mudanças profundas nas políticas energéticas e tecnológicas no setor, as emissões de CO₂ provenientes da geração de eletricidade quase que dobrarão entre 2007 e 2050 em todo o mundo.

Uma drástica redução dos níveis de emissão de CO₂, visando uma completa “descarbonização” da geração elétrica, não será possível sem uma gestão estratégica para a transição tecnológica em empresas que atuam no setor. Muitas das tecnologias com baixa emissão de carbono ainda são consideravelmente mais caras que as tecnologias baseadas em combustíveis fósseis, e ainda não existem indícios claros de que exista uma solução dominante a ser perseguida para o estabelecimento de um sistema elétrico sustentável (Raven et al., 2009; Organisation for Economic Development, 2010).

No Brasil, a despeito da matriz elétrica nacional ser composta fundamentalmente por fontes de energia renovável, majoritariamente hidrelétrica, representando 70,45% da geração em março de 2015 (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015), o grande crescimento da demanda, devido ao crescimento da economia e políticas de universalização da distribuição de energia elétrica, representa desafios para o setor que demandarão soluções tecnológicas que dificilmente poderão ser alcançadas sem grandes esforços coordenados em P&D pelas empresas do setor.

O país, como toda a América Latina, apresenta alta taxa de perdas na rede elétrica (Organisation for Economic Development, 2010), o que representa baixa eficiência energética do sistema elétrico nacional. Além disso, o aumento das exigências e restrições ambientais para novos empreendimentos hidroelétricos, atrelados ao acelerar do crescimento do consumo de energia no país e às mudanças estruturais pelas quais a

economia vem passando, acarretam enormes desafios, senão gargalos, para o setor em um futuro próximo.

Para intervir nesse cenário, a agência internacional de energia argumenta que governos e empresas deverão manter, e mesmo expandir, seu investimento em P&D no setor visando o desenvolvimento de inovações tecnológicas que deem respostas às pressões sociais para a transição tecnológica (Organisation for Economic Development, 2010).

No Brasil, visando incentivar a busca por inovações pelas empresas do setor, no ano 2000 foi regulamentado o programa de pesquisa e desenvolvimento para o sistema elétrico brasileiro. Tal regulamentação, promulgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi baseada em diversas pesquisas internacionais e na constatação dos efeitos da liberalização dos mercados e das privatizações sobre a dinâmica de investimentos em P&D por parte das concessionárias (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2001). Institui-se um investimento obrigatório de 1% da Receita Operacional Líquida das empresas do setor em P&D.

Entretanto, para o desenvolvimento de trajetórias tecnológicas alternativas, como as tecnologias com baixa emissão de carbono ou de redes inteligentes mais eficientes em distribuição de energia, torna-se necessário que as empresas inovadoras obtenham sucesso no desenvolvimento de projetos com inovações tecnológicas. Esforços para desenvolver estruturas organizacionais que auxiliem as empresas na gestão do desenvolvimento de produtos com inovação passam a ter grande importância para todo o setor, uma vez que

estudos demonstram evidências de baixa eficácia dos mecanismos de política tecnológica aplicados ao setor quando não considerados os esforços deliberados das empresas em suas estratégias competitivas (Bin et al., 2015; Amaral, 2012).

Esse novo desafio assume importância central para o futuro do setor elétrico, e a busca do desenvolvimento de um arcabouço teórico que possibilite uma maior eficiência para o desenvolvimento de estruturas organizacionais, baseado nos pressupostos da teoria da organização do trabalho e da inovação, visando o desenvolvimento de produtos com tecnologias sustentáveis de acordo com a dinâmica específica da transição tecnológica, torna-se de grande relevância para a gestão em empresas que desejam se destacar e, mesmo sobreviver, nesse novo ambiente.

3 Transição tecnológica: implicações à gestão do trabalho para a inovação no setor elétrico

Por suas características específicas, setores como o setor elétrico, de saneamento ou transporte podem ser caracterizados como sistemas sociotécnicos (Hughes, 1989; Geels, 2002; Markard et al., 2012). Isso significa que o processo de desenvolvimento tecnológico e inovação em tais sistemas se apoia em diversas instituições que, se relacionando de forma recursiva, constitui um sistema tecnológico contemplando diversas dimensões, como apresentado na Figura 1. Como conhecimentos gerados e difundidos

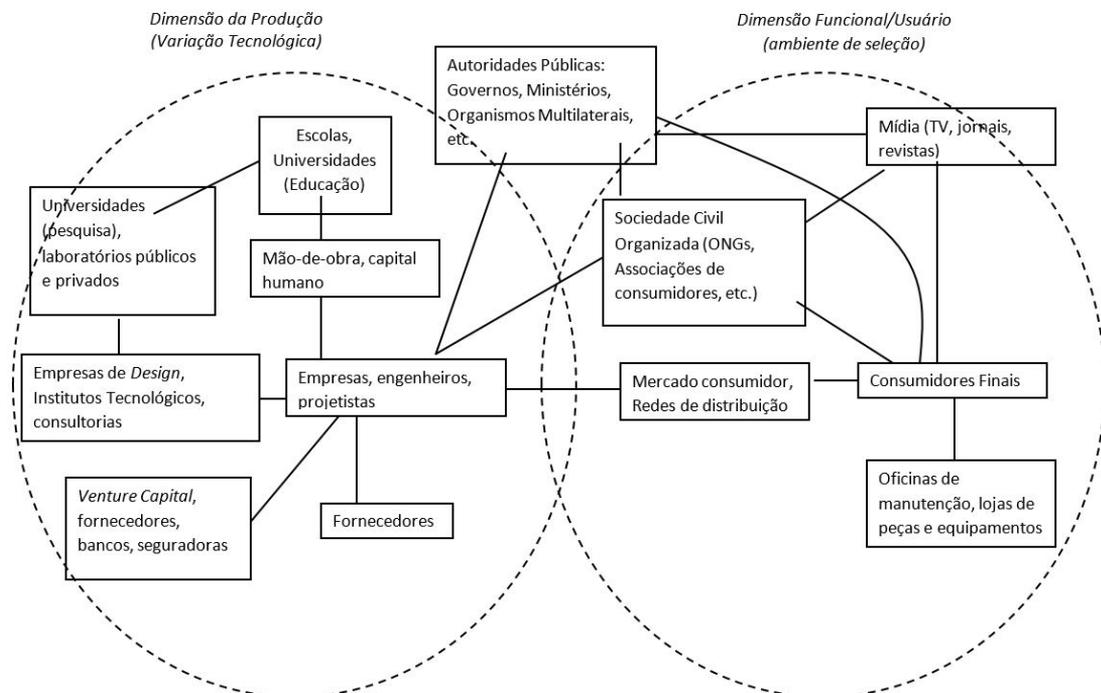


Figura 1. Grupos Sociais que constituem a dinâmica de Sistemas Sociotécnicos. Fonte: Adaptado de Geels (2004).

em universidades e escolas técnicas, regulações públicas e outras tecnologias complementares, que conformam uma dinâmica específica à sua trajetória de desenvolvimento (Hughes, 1989; Kemp, 1994; Raven et al., 2009; Geels & Schot, 2007).

Sistemas sociotécnicos possuem uma tendência à estabilidade, o que implica que as inovações para a transição tecnológica em tais sistemas devam ser geridas de forma a superar as forças que regulam esta estabilidade setorial (Geels, 2010). Esse fato permite caracterizar o processo de inovação para a transição tecnológica como um processo de inovação radical, no qual se alteram as estruturas sociotécnicas necessárias ao bom desempenho de novas tecnologias desenvolvidas (Gomes et al., 2011).

Para possibilitar a análise dos fenômenos sistêmicos envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos com inovação visando à transição tecnológica, no seio de sistemas tecnológicos pré-estabelecidos, Geels (2002, 2004) propõe a metodologia de perspectiva multinível, conforme apresentado na Figura 2.

Esta metodologia se caracteriza como uma técnica analítica, ou exploratória, para a formulação de estratégias de ação visando à transição tecnológica baseada em diferentes níveis, que são conceitos analíticos para se compreender a complexa e dinâmica mudança sociotécnica, desencadeada pelo processo de transição tecnológica (Schot & Geels, 2008; Geels, 2002).

De acordo com a perspectiva multinível, uma vez que regimes tecnológicos usualmente induzem inovações incrementais que pouco contribuem para a transição, inovações radicais são geradas em nichos dentro de regimes (Kemp, 1994). Considera-se que tais nichos tecnológicos são o “lôcus” das inovações radicais em sistemas sociotécnicos, por estas se tratarem de experiências nascentes que dificilmente

sobreviverão às condições impostas pelo ambiente adaptado às tecnologias estabelecidas, demandando maior dinamismo em sua gestão e o estabelecimento de relações entre diversos agentes em um verdadeiro processo de tentativa e erro para seu desenvolvimento (Raven & Geels, 2010).

A gestão estratégica de nichos tecnológicos passa a ser o conceito analítico utilizado por pesquisadores do tema que buscam desenvolver modelos de gestão da inovação apropriados à transição tecnológica (Schot & Geels, 2008). Não é objetivo deste artigo um estudo sobre a gestão estratégica de nichos tecnológicos no setor elétrico brasileiro. Entretanto, é reconhecido que, para aumentar a eficácia dos investimentos em P&D no setor elétrico, a inovação radical para a transição tecnológica demandada pela sociedade deve ser gerida em nichos tecnológicos e, para isso, torna-se importante identificar a dinâmica do desenvolvimento de nichos e seu impacto para a gestão do trabalho para a inovação nas empresas do setor.

A criação e a proteção de nichos tecnológicos podem ser caracterizadas por três diferentes etapas: *shielding*, *nurturing* e *empowering*, aqui traduzidos como blindagem, nutrição e capacitação (Raven & Geels, 2010). O processo de blindagem são as formas utilizadas pelos tomadores de decisão para proteger a inovação radical da concorrência oriunda do sistema sociotécnico vigente. O processo de nutrição refere-se aos processos internos de apoio ao desenvolvimento da inovação radical e à sua constituição ou adaptação a um sistema sociotécnico. Por fim, o processo de capacitação se relaciona às atribuições de competitividade, relacionando-se à criação de um ecossistema de apoio à inovação radical oriunda da gestão estratégica do nicho tecnológico.

Boon et al. (2014) buscam caracterizar como estes processos de proteção dos nichos evoluem ao longo

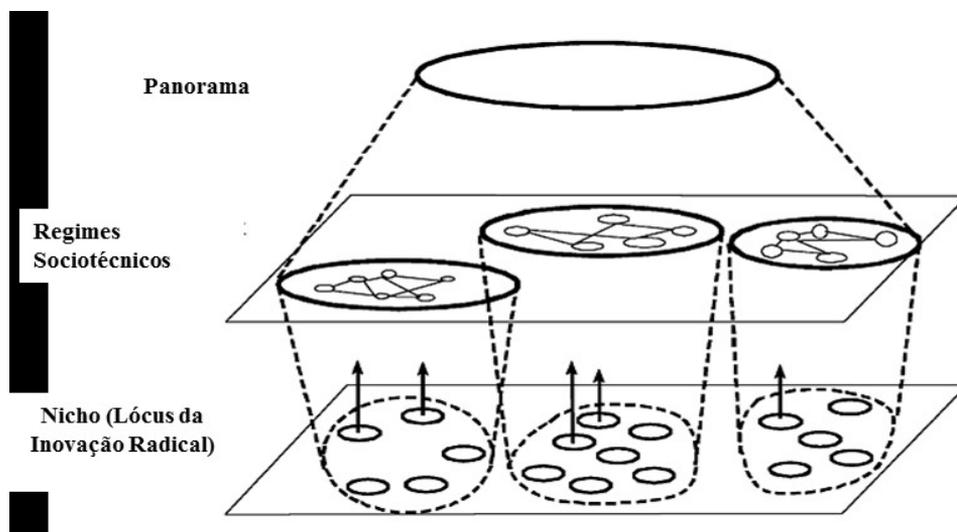


Figura 2. Perspectiva Multinível da dinâmica em Sistemas Tecnológicos. Fonte: Adaptado de Geels (2002).

do próprio desenvolvimento do nicho tecnológico, de sua fase de criação à sua manutenção e à fase de *phasing out*. Os autores destacam duas maneiras de como a dinâmica de evolução dos nichos tecnológicos influenciam os processos de proteção destes nichos, conforme caracterizados anteriormente. Ao longo de seu desenvolvimento, determinados atores podem adotar estratégias de proteção de nicho mais restritas ou mais “acomodadas”, e a relação entre estas estratégias e a gestão das fronteiras dos nichos tecnológicos é a que os autores sugerem como objeto de estudo.

Lopolito et al. (2013) argumentam que o sucesso de inovações radicais geridas em nichos tecnológicos depende de três mecanismos que são inter-relacionados e determinam a dinâmica de sua evolução: Convergência de expectativas, Criação de redes e o Aprendizado, conforme apresentado na Figura 3.

A despeito do foco na estrutura dos nichos tecnológicos e da criação da rede por meio das relações com diversos atores, Sushandoyo & Magnusson (2014) argumentam que, do ponto de vista de uma empresa que busca inserir inovações radicais para a transição tecnológica, a gestão estratégica de nichos tecnológicos pode ser caracterizada em um processo temporal de criação de mercado compreendendo quatro diferentes etapas: Nicho Tecnológico, Nicho de Mercado, Mercado Ponte e Mercado de Massas. Conforme apresentado na Figura 4.

Estudos recentes sobre a dinâmica da evolução de nichos argumentam que sua gestão preconiza a autonomia, flexibilidade e estratégia dos sistemas

organizacionais para a viabilidade dos projetos (Gomes et al., 2011; Lopolito et al., 2013; Sushandoyo & Magnusson, 2014). Este argumento nos permite fazer uma ponte entre a literatura sobre transição tecnológica e a organização do trabalho para a gestão de inovações. Dessa forma, buscou-se neste artigo contribuir com esta literatura desenvolvendo um modelo teórico com base no conhecimento sobre gestão de inovações radicais, especialmente sintetizada e desenvolvida por Marx (2011), a ser testada em empresas do setor elétrico brasileiro.

4 Organização do trabalho para a inovação e a gestão estratégica de nichos no setor elétrico

A implicação dos conceitos da transição tecnológica para a organização do trabalho para a inovação se dá pela constatação feita por diversos autores de que diferentes estruturas organizacionais se adaptam melhor à gestão de projetos com inovação radical (Clark & Wheelwright, 1993; Tushman & O’Reilly, 1996; O’Connor, 1998; Zancul et al., 2006; Marx, 2011). Tais autores consideram que estruturas organizacionais clássicas são mais eficazes para lidar com inovações incrementais, ou seja, operando dentro de um regime tecnológico estabelecido. Por outro lado, é reconhecido que, para se aumentar a Eficiência nos processos de desenvolvimento de inovações, são necessários maiores graus de flexibilidade e autonomia (Salerno, 2004; Gomes & Salerno, 2010; Marx, 2011), o que

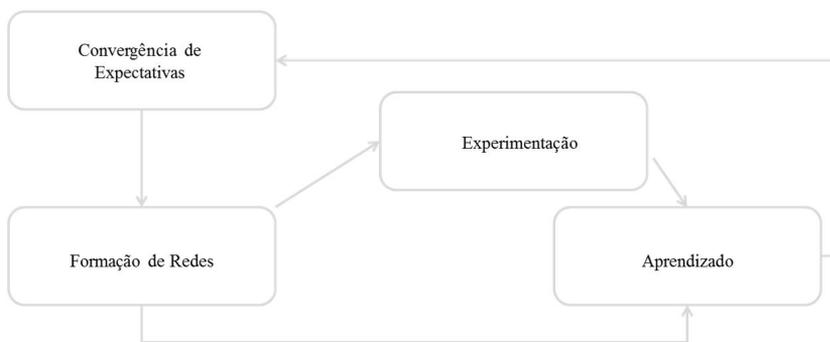


Figura 3. Interação dos mecanismos internos ao nicho tecnológico. Fonte: Adaptado de Lopolito et al. (2013).

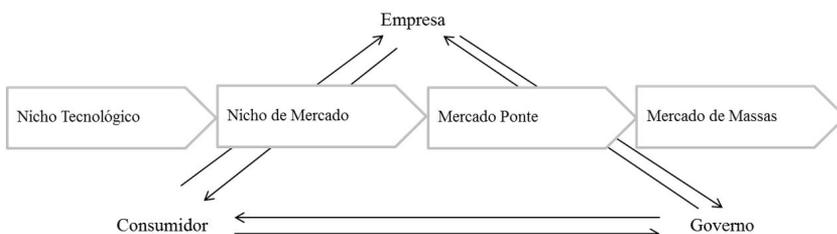


Figura 4. Dimensões temporais e estruturais da introdução de inovações para a transição tecnológica. Fonte: Adaptado de Sushandoyo & Magnusson (2014).

deve ser explorado por empresas que pretendam atuar e desenvolver nichos tecnológicos para buscar a transição dos sistemas tecnológicos estabelecidos.

Dessa forma, o desafio à transição tecnológica passa a ser o de gerir o desenvolvimento de nichos tecnológicos pela indução de inovações radicais em empresas e, para isso, a identificação de estruturas organizacionais com maior autonomia e flexibilidade que se relacionem ao ambiente complexo e dinâmico posto a esses nichos, e de acordo com a dinâmica descrita na Figura 3, torna-se uma *proxy* de maturidade organizacional para lidar com tal desafio.

A transição se relaciona diretamente ao ambiente no qual as empresas atuam, sendo o objeto da transição e, ao mesmo tempo, onde ocorrerão as principais interações necessárias à inovação. Mintzberg (2003) define quatro possibilidades de caracterização do ambiente no qual as empresas estão imersas, podendo ser caracterizado pela velocidade das mudanças ocorridas como estacionário ou dinâmico, e pela combinação de competências e relações envolvidas que marcam o trabalho nas organizações imersas em tal ambiente. O autor desenvolve, por meio de sua extensa pesquisa, configurações organizacionais ideais que melhor se adaptariam às especificidades de cada ambiente caracterizado pela combinação de ambas as dimensões supracitadas, e, de grosso modo, tais configurações podem ser agrupadas como diferentes variações de burocracias clássicas e adhocracias (Mintzberg, 2003).

Diversos outros autores propuseram estruturas organizacionais para lidar com os problemas advindos da demanda por inovações e mudanças no ambiente competitivo, decorrentes de um maior dinamismo das mudanças, como Clark & Wheelwright (1993), Tushman & O'Reilly (1996), Christensen (1997), dentre outros. É possível afirmar que, a despeito das diferenças existentes em cada alternativa proposta e das possíveis lacunas deixadas por cada uma delas, há um elemento comum no que se relaciona

à necessidade de autonomia e flexibilidade para as equipes envolvidas diretamente no processo de desenvolvimento de produtos com inovação.

Em sua pesquisa sobre organização do trabalho para a inovação, Marx (2011) desenvolve uma síntese entre duas lógicas de estruturas organizacionais de empresas inovadoras, que se torna uma ferramenta analítica que possibilita aos pesquisadores interessados pelo assunto investigar as possíveis estruturas organizacionais de empresas envolvidas no processo de transição tecnológica. A Tabela 1 apresenta as duas estruturas lógicas e as variáveis que as definem.

De acordo com estudos desenvolvidos pelo autor, empresas que possuem estruturas burocráticas em transição, ou seja, empresas baseadas em estruturas organizacionais clássicas, oriundas do Taylorismo, que despendem esforços em busca de inovação, são mais aptas a desenvolver inovações incrementais relacionadas ao regime tecnológico vigente. Por outro lado, empresas que demonstraram maior aptidão à inovação são empresas com estruturas adhocráticas, com maiores graus de flexibilidade e autonomia, de acordo com as características descritas acima (Marx, 2011).

Tendo como base o trabalho desenvolvido por Marx (2011), foram desenvolvidos estudos de caso visando identificar as estruturas das empresas em relação a seus esforços para a inovação, que serão apresentados no próximo tópico.

5 Estudos de caso: a organização do trabalho para a inovação em empresas do setor elétrico brasileiro

Conforme argumentado em tópicos anteriores, o ambiente posto às empresas do setor elétrico envolvidas no processo de transição tecnológica é um ambiente de grande complexidade e dinamismo para a indução da inovação em nichos tecnológicos no seio de um sistema sociotécnico estabelecido (Kemp,

Tabela 1. Lógicas alternativas de organizações inovadoras.

	Lógica da adhocracia	Lógica da burocracia em transição
I. Prioridade competitiva principal	Inovação radical e contínua	Custos, qualidade, inovações incrementais.
II. Ambiente	Dinâmico e complexo	Estável e Simples
III. Estruturas Organizacionais	Reduzida hierarquia, grande autonomia para gestão de negócios ou parte destes, equipes de desenho flexível e orientadas para resultados.	Hierarquia, autonomia reduzida, estrutura baseada em funções, equipes fixas.
IV. Fluxos de conhecimentos que geram inovação	Fluem em todos os sentidos, em mão dupla (inclusive com parceiros externos).	Fluem da operação e das demais áreas para as áreas funcionalmente responsáveis pela inovação.
V. Indicadores de Eficiência	Utiliza-se intensamente de indicadores de inovação.	Indicadores de inovação relevam sugestão de melhoria.

Fonte: Marx (2011).

1994; Geels, 2002). Esse ambiente demandará novas formas organizacionais às empresas que estiverem dispostas a enfrentar os desafios postos pela transição tecnológica (Mintzberg, 2003; Salerno, 2009; Marx et al., 2012, Lopolito et al., 2013; Sushandoyo & Magnusson, 2014).

De acordo com Marx (2011), é reconhecido que um ponto de partida para qualquer reflexão sobre a organização do trabalho para a inovação deve ser o reconhecimento da inter-relação entre flexibilidade organizacional, autonomia e estratégia. Dessa forma, este trabalho parte do pressuposto de que, para lidar com os desafios postos às concessionárias do setor pelo processo de transição tecnológica, a lógica adhocrática da organização do trabalho é mais eficaz para a organização dos departamentos relacionados à inovação nas empresas do setor elétrico, e a não adequação das empresas a essa lógica pode ser interpretada como parte da explicação para a baixa eficiência dos programas de P&D para a inovação no setor.

5.1 Metodologia

A metodologia utilizada foi de estudos de caso para identificar em empresas do setor sua estrutura de gestão de projetos de P&D, entendidos como o lócus do desenvolvimento de novos produtos com inovação tecnológica no setor. A pergunta problema a ser respondida é: Como as empresas do setor elétrico brasileiro têm se estruturado para lidar com os desafios da transição tecnológica?

A hipótese por trás destes estudos é que estruturas sob a lógica adhocrática são mais aptas a lidar com os desafios da transição rumo à sustentabilidade por meio da gestão estratégica de nichos, e as empresas concessionárias do setor elétrico deveriam buscar esta estrutura organizacional para lidar com tais desafios e aumentar a eficiência de seus programas de P&D. Esta hipótese será testada nos estudos de caso de acordo com os critérios definidos para este

tipo de estudo aplicado aos estudos em gestão por Eisenhardt (1989).

Para este estudo, foram realizadas 19 entrevistas em oito empresas do setor que abrangem toda a cadeia de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A Tabela 2 apresenta o perfil das empresas entrevistadas em relação a seus recursos para investimento em P&D.

Estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que foca o entendimento da dinâmica presente em um determinado objeto. Para dar suporte à metodologia de estudo de caso, foram levantados dados secundários, dados primários e entrevistas de acordo com o preconizado por Yin (2005).

De acordo com Eisenhardt (1989), a metodologia de estudo de caso é uma metodologia indutiva, que parte de uma hipótese desenvolvida pela observação de um determinado fenômeno ou da literatura e busca sua confirmação por meio da confrontação com a realidade.

Entrevistas semiestruturadas auxiliaram na busca de indicadores que permitam investigar as proposições definidas como hipótese a ser testada neste estudo de caso. Foram entrevistados gerentes e diretores responsáveis pela gestão da P&D nas empresas entre os meses de julho de 2013 e fevereiro de 2014. Para cada questão, foram definidos indicadores para a análise dos resultados da entrevista, visando sua caracterização de acordo com o proposto por Marx (2011), descrito na Tabela 1.

Os estudos de caso foram subsidiados com uma pesquisa exploratória baseada na literatura e em dados secundários que possibilitem a investigação do comportamento das concessionárias avaliadas no que tange ao desenvolvimento tecnológico e sua resposta à obrigatoriedade do investimento, sua prioridade competitiva e ao ambiente em que atuam para a transição. A Tabela 3 apresenta a estrutura da área responsável pela gestão do programa de P&D nos casos estudados.

Tabela 2. Empresas entrevistadas no estudo de caso.

Empresa	Segmento de Atuação	Volume aproximado de investimento em P&D por ano (R\$ Mil)*	Investimentos já aplicados em P&D (R\$ Mil)
G1	Geração	R\$ 8.000	R\$ 12.700
GD1	Distribuição, Geração	R\$ 57.000	R\$ 250.000
G2	Geração	R\$ 15.000	R\$ 115.000
G3	Geração	R\$ 28.950	n/d
T1	Transmissão	R\$ 6.000	R\$ 30.500
G4	Geração	R\$ 10.000	n/d
GD2	Distribuição, Geração	R\$ 14.300	n/d
GD3	Distribuição, Geração	R\$ 22.000	R\$ 240.000

Fonte: Elaboração própria. *Os valores apresentados foram informados pelos entrevistados e se referem ao valor médio anual gasto em projetos, considerando a porcentagem anual da receita mais o saldo positivo da conta de P&D acumulada.

Tabela 3. Estrutura dos Departamentos Responsáveis pelo P&D nos casos estudados.

G1	A gerência de P&D fica subordinada à Diretoria de Regulação da empresa. Conta com dois profissionais dedicados à gestão do programa de P&D. Não possui autonomia orçamentária, nem para a aprovação dos projetos. É composta por gerentes com pouca autonomia e flexibilidade para alocação de pessoal.
GD1	Até 2010 não havia nenhuma área dedicada à gestão do programa de P&D. A partir de 2010, foi criada a gerência de P&D que era subordinada à Diretoria de Regulação da Vice-Presidência de Assuntos Regulatórios da empresa. A partir de 2011, foi criada a Diretoria de Inovação vinculada à Vice-Presidência de Recursos Humanos, à qual passou a ser subordinada a Gerência de P&D. Atualmente a gerência conta com 11 profissionais para a gestão do programa, sendo que a gerência não possui autonomia nem flexibilidade para a gestão do programa.
G2	A área responsável pelo P&D na empresa fica subordinada ao departamento de operação e produção da diretoria de planejamento. Possui cinco funcionários juniores responsáveis por fazer a gestão do programa de P&D da empresa. Não há gestão estratégica.
G3	O departamento responsável pela gestão do P&D conta com dois funcionários e está subordinado ao Departamento de Planejamento e Expansão da diretoria de Engenharia e Construção da empresa.
T1	A área de P&D costumava ficar subordinada à diretoria de assuntos regulatórios, entretanto, após recentes mudanças na empresa, a área passou a ser subordinada diretamente à presidência, na área de gestão estratégica. A área de P&D possui três funcionários seniores, e possui autonomia orçamentária e flexibilidade aprovada pela presidência.
G4	A área de P&D da empresa fica subordinada à diretoria de empreendimentos, sendo composta por três funcionários. Não possui autonomia orçamentária e os projetos são aprovados pelo conselho diretamente.
GD2	Existem duas áreas com responsabilidades vinculadas ao P&D na empresa. A diretoria de estratégias de inovação é subordinada diretamente à presidência e lida com as estratégias de inovação no longo e médio prazo com uma visão maior em novos mercados e <i>marketing</i> . Essa diretoria possui orçamento próprio e autonomia para executá-lo. A superintendência de Tecnologia é a área responsável por administrar e executar o orçamento de P&D relacionado ao programa da ANEEL, visando projetos incrementais nas tecnologias já adotadas pelo grupo. Ela está subordinada à vice-presidência de distribuição e é responsável pela gestão de todos os projetos de P&D da empresa. Possui três funcionários.
GD3	A área responsável pelo P&D na empresa está subordinada à divisão de engenharia e planejamento, uma divisão operacional da empresa subordinada à diretoria de engenharia e gestão de redes da vice-presidência de distribuição. Possui 16 funcionários, sem orçamento executivo.

Fonte: Elaboração Própria.

5.2 Apresentação de discussão dos resultados

Como um dos critérios para se compreender a estrutura organizacional das empresas para lidar com a transição tecnológica por meio do desenvolvimento de produtos com inovação, foram avaliadas as estruturas das áreas responsáveis pelo P&D. Sugere-se que empresas que possuem áreas especificamente estruturadas para a inovação, subordinadas a diretorias com maior autonomia, diretamente relacionadas a assuntos estratégicos da empresa, e apresentando maior flexibilidade decisória, podem apresentar maior possibilidade de sucesso no desenvolvimento de inovações que contribuam para o processo de transição tecnológica. Empresas com áreas estruturadas sob uma estrutura clássica, com diversos níveis hierárquicos, pouca autonomia e flexibilidade para a execução de orçamentos e alocação de pessoal em projetos são mais aptas a inovações incrementais (Zancul et al., 2006) atuando no regime sociotécnico estabelecido.

A estratégia competitiva da empresa é a balizadora do seu projeto organizacional, e a partir de sua

definição, a autonomia é o fator decisivo para que competências individuais e coletivas sejam utilizadas para lidar com ambientes complexos que demandam grande interação e troca de informações. De acordo com Marx (2011), para lidar com a inovação e, por conseguinte, com a transição tecnológica, a organização deve ser projetada para operar a partir de trabalho em grupos, com autonomia e flexibilidade para alocação de pessoas e gestão dos processos. Os indicadores I, II e III se relacionam a esta dimensão estratégica do processo de estruturação organizacional.

Por sua vez, os indicadores IV e V se relacionam ao processo de aprendizagem e gestão do conhecimento. Conhecimento é recurso fundamental para as organizações que inovam (Salerno, 2004; Marx, 2011). Empresas que possuem um processo de geração e captação de ideias de projetos de P&D desarticulados podem apresentar menor comprometimento e, possivelmente, menor possibilidade de sucesso do programa no desenvolvimento de novas tecnologias que contribuam para o aumento da eficiência do sistema elétrico (Bhattacharya et al., 1998; Cooper & Perspective, 2008).

Ferramentas de gestão do conhecimento podem e devem ser utilizadas em benefício e no apoio à manutenção e geração de novos conhecimentos pelas empresas segundo Marx (2011). No que se refere a essa gestão e sua participação na captação de ideias para projetos de P&D, as empresas entrevistadas, em sua maioria, não apresentam processos formais. Grande parte das empresas atribui às áreas técnicas a responsabilidade de gerar demandas para o desenvolvimento de projetos de forma pouco dinâmica. Muitas empresas não possuem nenhum tipo de planejamento tecnológico e a inovação não aparece em nenhum ponto de suas estratégias competitivas.

Por outro lado, os estudos de caso demonstram que há empresas com processos formais de gestão de conhecimento e captação de novos projetos no âmbito da gestão do programa de P&D atrelados a esforços tecnológicos aderentes a seu planejamento, e que existem empresas que atribuem grande importância à inovação e apresentam esforços no desenvolvimento de competências para inovar.

Como exemplo desse caso, na empresa GD2, os projetos de P&D são tidos como projetos prioritários e os fornecedores de tecnologia precisam enquadrar seus projetos e fornecer parte de suas soluções por meio de projetos de P&D com transferência de conhecimento e tecnologia. Em cada projeto de engenharia da empresa, também é destacada uma equipe para investir em projetos de P&D e, algumas vezes, tal investimento é feito com verba do próprio projeto, não dependendo de verbas do programa da ANEEL. Segundo os entrevistados, tal prática se deve aos critérios estabelecidos pela agência para avaliação dos projetos, que, muitas vezes, não condiz com a dinâmica de inovação. Dessa maneira, a empresa opta por investir parte de seus recursos ao invés de se submeter à agência. A empresa possui um planejamento com cinco áreas definidas para investimentos em projetos de P&D. Tal planejamento foi desenvolvido por uma diretoria de estratégias de inovação subordinada à presidência do grupo.

Com base nos resultados apresentados, os casos foram classificados de acordo com a proposta elaborada por Marx (2011) apresentada na Tabela 4. Considera-se que a maioria das empresas estudadas ainda não está assumindo estruturas organizacionais aptas aos desafios da inovação e da transição tecnológica.

Os estudos de caso indicam ainda que há uma relação entre as empresas que apresentaram sucessos em desenvolvimento de inovações tecnológicas e que apresentam processos formais de gestão do conhecimento e de seleção e desenvolvimento de projetos, decorrente de um planejamento tecnológico definido pela empresa e por meio de um fluxo dinâmico de comunicação interno e externo. Tais empresas manifestaram ganhos com os projetos desenvolvidos no âmbito do programa, enquanto

empresas que não apresentam estruturas formais de gestão tecnológica, muitas vezes, sequer avaliam os resultados dos projetos depois de concluídos.

A maioria das empresas estudadas apresentou estruturas organizacionais mais aptas a lidar com regimes tecnológicos estabelecidos, com organizações clássicas focadas na eficiência e na departamentalização, sendo que somente uma empresa estudada apresentou uma gestão alinhada à literatura, inclusive colhendo resultados financeiros positivos de seu programa de P&D, apresentando estruturas organizacionais que privilegiam autonomia, flexibilidade e um alinhamento estratégico. Outras duas empresas se mostraram em processo de internalização de competências para auxiliar sua gestão do programa e, para isso, reestruturaram seus departamentos e desenvolveram esforços em prospecção de parceiros industriais e definição de estratégias corporativas para a inovação, mas tais esforços ainda não apresentaram resultados na estrutura organizacional da empresa.

6 Conclusões e implicações a pesquisas futuras

Este artigo teve como objetivo caracterizar a estrutura organizacional para a inovação em empresas do setor elétrico de acordo com a literatura relacionada à transição tecnológica e à organização do trabalho para a inovação. Esta caracterização baseou-se na síntese elaborada por Marx (2011) que identificou indicadores para a classificação das estruturas organizacionais em torno de dois tipos ideais de organização do trabalho para inovação: Lógica da Adhocracia e da Burocracia em Transição.

Argumentou-se que empresas organizadas sob a lógica adhocrática são mais aptas a lidar com os desafios da transição rumo à sustentabilidade imposta ao setor elétrico. E com base na literatura sobre o tema, defende-se que o processo de gestão da inovação para a transição tecnológica deva ocorrer por meio da gestão estratégica de nichos, e as empresas concessionárias do setor elétrico deveriam buscar uma estrutura organizacional apta para lidar com tais desafios que requerem maior autonomia e flexibilidade de suas estruturas funcionais para gerir expectativas e redes, além de lidar com o aprendizado necessário para se aumentar a eficiência de seus programas de P&D.

São duas as contribuições deste artigo. Por um lado, buscou-se estabelecer uma ponte entre a literatura sobre transição tecnológica e sobre organização do trabalho para a inovação. Conforme argumentado, a lacuna existente nos estudos sobre transição em relação a modelos de gestão que se adequem à dinâmica deste processo, pode ser melhor suprida ao se estabelecer uma ponte entre ambas as literaturas. Em especial a literatura sobre gestão da inovação radical, afirmando-se que a transição tecnológica

pode ser entendida como um caso específico de inovação radical.

Outra contribuição deste artigo foi a caracterização do processo de transição tecnológica no setor elétrico brasileiro, e sua implicação para a organização do trabalho nas empresas no setor. Com base em ambas as literaturas, foi visto que o processo de transição tecnológico pode ser caracterizado por uma transição sistêmica multinível, em que a inovação ocorre em nichos tecnológicos. Tais nichos são ambientes protegidos, complexos e dinâmicos que induzem o desenvolvimento de novas tecnologias que contribuam para o processo de transição rumo à sustentabilidade.

Estruturas organizacionais adhocráticas, que apresentam autonomia e flexibilidade são necessárias para a indução de novas tecnologias por meio da inovação, e as empresas precisam buscar novas formas organizacionais para se adequar a tal dinâmica. Esse processo poderá contribuir para o aumento da eficiência dos programas de P&D no setor.

Há grandes lacunas a serem exploradas por pesquisadores interessados em contribuir com o processo de transição tecnológica no setor elétrico. Novas pesquisas em relação à dinâmica do desenvolvimento de novas tecnologias em empresas no setor precisam ser desenvolvidas para ser possível desenvolver modelos organizacionais, que auxiliem as empresas na implantação de sistemas de gestão e organização do trabalho para a inovação mais eficaz. Isso passa por pesquisas que sejam capazes de caracterizar o processo de gestão estratégica de nichos no setor elétrico, e os modelos de gestão da inovação aplicados a esta dinâmica específica de desenvolvimento tecnológico.

Referências

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2015). *Banco de informações de geração*. Brasília. Recuperado em 23 de março de 2015, de <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- Amaral, G. S. G. (2012). *A pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro: uma investigação da política tecnológica para o setor com base na teoria evolucionária da mudança técnica* (dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bhattacharya, S., Krishnan, V., & Mahajan, V. (1998). Managing new product definition in highly dynamic environments. *Management Science*, 44(11), 50-64.
- Biazzo, S. (2009). Flexibility, structuration, and simultaneity in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 26(3), 336-355. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2009.00662.x>.
- Bin, A., Vélez, M. A., Ferro, A. F. P., Salles-Filho, S., Mattos, C., & Da, P. (2015). Da inovação: desafios para o setor elétrico. *Gestão & Produção*, 22(3), 552-564. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1294-14>.
- Boon, W., Moors, E., & Meijer, A. (2014). Exploring dynamics and strategies of niche protection. *Research Policy*, 43(4), 792-803. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2014.01.005>.
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. (2001). *Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica* (pp. 209-244, Parcerias Estratégicas, Vol. 13). Brasília.
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business Scholl Press.
- Clark, K.B., & Wheelwright, S. C. (1993). *Managing new product and process development*. New York: Free Press.
- Cooper, R., & Perspective, G. (2008). The stage-gate idea-to-launch process- update, what's new, and nexgen system. *Journal of Product Innovation Management*, 25(3), 213-232. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2008.00296.x>.
- Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case study. *Research Academy of Management*, 14(4), 532-550.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8).
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. *Research Policy*, 33(6-7), 897-920. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>.
- Geels, F. W. (2010). Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy*, 39(4), 495-510. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.022>.
- Geels, F. W., & Schot, J. W. (2007). Comment on 'Techno therapy or nurtured niches?' by Hommels et al. *Research Policy*, 36(7), 1100-1101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2007.07.004>.
- Gomes, L. A. V., Amaral, G. S. G., Sbragia, R., Salerno, M. S., & Freitas, S. L. (2011). Integration of managerial and sociological perspective of innovation: a framework to the development process of radical innovation product. In *Proceedings of the 20th International Conference for the international association of management of technology*. Miami.
- Gomes, L. A. V., & Salerno, M. S. (2010). Modelo integrado de processo de desenvolvimento de produto e de planejamento inicial de spin-offs acadêmicos. *Gestão & Produção*, 17(2), 245-255.
- Hughes, P. T. (1989). The evolution of large technological systems. In W. E. Bijker, T. P. Hughes & T. P. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*. Cambridge: MIT Press.

- Kemp, R. (1994). Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. *Futures*, 26(10), 1023-1046. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-3287\(94\)90071-X](http://dx.doi.org/10.1016/0016-3287(94)90071-X).
- Lam, A. (2005). Organizational innovation. In J. Fagerberg & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 115-147). Oxford: Oxford University Press.
- Lopolito, A., Morone, P., & Taylor, R. (2013). Emerging innovation niches: an agent based model. *Research Policy*, 42(6-7), 1225-1238. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.03.002>.
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: an emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955-967. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>.
- Marx, R. (2011). *Organização do trabalho para a inovação* (1. ed.). São Paulo: Atlas.
- Marx, R., Mello, A. M., & Salerno, M. S. (2012). Organizational structures to support innovation: how do companies decide? *Revista de Administração e Inovação*, 9, 5-20.
- Mintzberg, H. (2003). *Criando organizações eficazes* (2. ed.). São Paulo: Atlas.
- O'Connor, G. C. (1998). Market learning and radical innovation: a cross case comparison of eight radical innovation projects. *Journal of Product Innovation Management*, 15(42), 151-166. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-5885.1520151>.
- Organisation for Economic Development – OECD. (2010). *Energy technology perspectives: scenarios & strategies to 2050*. Paris.
- Pompermayer, F. M., De Negri, F., & Cavalcante, L. R. (2011). *Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Raven, R., & Geels, F. (2010). Socio-cognitive evolution in niche development: comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004). *Research Policy*, 30, 87-99.
- Raven, R., Jolivet, E., Mourik, R. M., & Feenstra, Y. (2009). Managing societal acceptance in new energy projects: a toolbox method for project managers. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(7), 963-977. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2009.02.005>
- Salerno, M. S. (2004). Da rotinização à flexibilização: ensaio sobre o pensamento crítico brasileiro de organização do trabalho. *Gestão & Produção*, 11(1), 21-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2004000100003>.
- Salerno, M. S. (2009). Reconfigurable organisation to cope with unpredictable goals. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 419-428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.06.015>.
- Schot, J. W., & Geels, F. W. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda and policy. *Technology Analysis and Strategic Management*, 20(5), 537-554. <http://dx.doi.org/10.1080/09537320802292651>.
- Sushandoyo, D., & Magnusson, T. (2014). Strategic niche management from a business perspective: taking cleaner vehicle technologies from prototype to series production. *Journal of Cleaner Production*, 74, 17-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.059>.
- Tushman, M. L., & O'Reilly, C. A. (1996). Ambidextrous organizations: managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38(4), 8-30. <http://dx.doi.org/10.2307/41165852>.
- Worley, C., & Lawler, E. (2006). Designing organizations that are built to change. *MIT Sloan Management Review*, 48(1), 19-23.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (3. ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Zancul, E., Marx, R., & Metzker, A. (2006). Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: a aplicação da engenharia simultânea em duas montadoras de veículos. *Gestão & Produção*, 13(1), 15-29. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2006000100003>.